

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikola Davanzo

ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA NA
SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA U FUNKCIJI
PROTOČNOSTI I SIGURNOSTI PROMETA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa III**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4309

Pristupnik: **Nikola Davanzo (0035169710)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza utjecaja brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima u funkciji protočnosti i sigurnosti prometa**

Opis zadatka:

Propusna moć raskrižja najčešće određuje i propusnu moć cjelokupne cestovne mreže gradskih cesta i ulica ili njezinih pojedinih dionica. Zbog načina odvijanja prometa kao i primijenjenim regulacijskim rješenjima, na raskrižjima se događa niz konfliktnih radnji s kojima se ugrožava protočnost i sigurnost prometa. U svrhu efikasnost i jednolike raspodjele prometnih tokova na raskrižju se najčešće postavljaju semfori. Dokazano je da trajnje ciklusa odnosno broja i dužine signalnih pojmova i broja faza dominantno utječu na propusnu moć i isgurnost odvijanja prometa na raskrižjima. U novije vrijeme uz semafora svjetla postavljaju se i brojači preostalog vremena pojedine faze koji sudionicima u prometu omogućavaju uvid u preostalo vrijeme čekanja za promjenu pojedine faze. Kako za takvo rješenje ne postoji pravno uporište, a zbog sve većeg broja brojača na semaforima u gradovima, u diplomskom radu potrebno je istraživiti učinkovitost i utjecaja na sigurnost cestovnog prometa takvih uređaja.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



doc. dr. sc. Rajko Horvat

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA NA
SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA U FUNKCIJI PROTOČNOSTI I
SIGURNOSTI PROMETA**

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE TIMERS AT THE TRAFFIC
LIGHTS CROSSROADS CONTRIBUTING TO THE TRAFFIC FLOW
AND SAFETY**

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Nikola Davanzo, 0035169710

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

Propusna moć raskrižja najčešće određuje i propusnu moć cjelokupne cestovne mreže gradskih cesta i ulica ili njezinih pojedinih dionica. U svrhu efikasnost i jednolike raspodjele prometnih tokova na raskrižju se najčešće postavljaju semafori. Dokazano je da trajanje ciklusa odnosno broja i dužine signalnih pojmova i broja faza dominantno utječu na propusnu moć i sigurnost odvijanja prometa na raskrižjima. Iako nema zakonske osnove u novije vrijeme uz semaforska svjetla postavljaju se i brojači preostalog vremena pojedine faze koji sudionicima u prometu omogućavaju uvid u preostalo vrijeme čekanja za promjenu pojedine faze. Prema obavljenim znanstvenim istraživanjima proizlazi učinkovitost primjene preostalog brojanja vremena na semaforima u velikoj mjeri ovisi o razlikama u mentalitetu i prometnoj kulturi određenog područja, ali i značajkama pojedinog raskrižja na kojima su brojači postavljeni. U pojedinim slučajevima brojači se nisu imali pozitivne učinke na poboljšanje sigurnosti prometa dok su u određenim situacijama pokazali određene pozitivne učinke što djelomično opravdava nastavak znanstvenog istraživanja učinkovitosti takvog sustava.

KLJUČNE RIJEČI: prometni tok, semaforski uređaj, brojač vremena, sigurnost prometa, raskrižje

SUMMARY

Capacity of entire traffic network or segment of city roads is often determined by the capacity of one intersection. Traffic lights are often installed on intersection in purpose of efficiency and uniform distribution of traffic flows. It is proven that capacity of intersection and traffic safety is dominantly affected by the duration of a cycle or number and length of each signal term. Although they are not regulated by law, in recent years many signal countdown timers were installed on intersections alongside traffic lights. They count the duration of each phase and serve to participants in traffic so that they could see how much time they will need to wait until the shift of next phase. According to some published scientific researches, the efficient application of countdown timers is dependent on mentality and traffic culture of certain area, and features of intersection on which the timers were installed. In certain cases countdown timers didn't have positive effects on traffic safety improvement, while in some other situations they have shown some positive effects which partially justifies continuation of scientific research on the efficiency of that kind of system.

KEY WORDS: traffic flow, traffic light device, signal countdown timer, traffic safety, intersection

Sadržaj:

1	UVOD	1
2	ANALIZA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA	3
2.1	VOĐENJE LINIJE	4
2.1.1	Tlocrtno vođenje linije.....	4
2.1.2	Visinsko vođenje linije.....	4
2.1.3	Nagibi i odvodnja kolnika	5
2.2	PROMETNI TRAKOVI.....	6
2.2.1	Trakovi za skretanje ulijevo	7
2.2.2	Trakovi za skretanje udesno	8
2.2.3	Zaobljenje uglova kolnika	10
2.3	RAZDJELNICI I OTOCI	11
2.3.1	Razdjelnici kolnika	11
2.3.2	Trokutasti otoci.....	11
2.4	PJEŠAČKI I BIKIKLISTIČKI PROMET	12
2.5	JAVNI PUTNIČKI PROMET	13
2.6	PRILAGODBE OSOBAMA SA POSEBNIM POTREBAMA	13
3	PROMETNI ZNAKOVI I SIGNALIZACIJA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM NA CESTAMA.....	14
3.1	HORIZONTALNA PROMETNA SIGNALIZACIJA	15
3.1.1	Uzdužne oznake.....	16
3.1.2	Poprečne oznake	16
3.1.3	Ostale oznake	17
3.2	VERTIKALNA PROMETNA SIGNALIZACIJA	18
3.2.1	Prometni znakovi.....	18
3.2.2	Svjetlosni signalni uređaj.....	22
3.3	RASVJETA	22
3.4	OPREMA NA CESTAMA.....	22
4	ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U GRADU ZAGREBU OD 2010. – 2016. GODINE.....	25
4.1	ANALIZA PROMETNIH NESREĆA 2010.-2016. god.....	25
4.2	ANALIZA POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA.....	30
5	ANALIZA NAČINA RADA SEMAFORSKIH UREĐAJA BEZ BROJAČA VREMENA	39
5.1	OSNOVNI ELEMENTI SEMAFORSKIH SUSTAVA.....	39

5.2	SIGNALNI POJAM	42
5.3	ZAŠTITNO MEĐUVRIJEME.....	43
5.3.1	Pražnjenje vozila	45
5.3.2	Pražnjenje biciklista	47
5.3.3	Pražnjenje pješaka	48
5.3.4	Vrijeme naleta	49
5.4	ISPITIVANJE ZAŠTITNIH MEĐUVREMENA	50
6	KOMPARATIVNA ANALIZA NAČINA RADA SEMAFORSKIH UREĐAJA I BROJAČA VREMENA	51
6.1	NAČINA RADA I PRIMJENA	51
6.2	PREDNOSTI	52
6.3	NEDOSTACI	53
6.4	DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	54
7	REZULTATI ANALIZE PROTOČNOSTI I SIGURNOSTI RASKRIŽJA PRIJE I NAKON POSTAVLJANJA BROJAČA VREMENA	57
7.1	RASKRIŽJE ULICE GRADA WIRGESA I ULICE KRALJA PETRA KREŠIMIRA IV SA POSTAVLJENIM BROJAČIMA NA SEMAFORSKIM UREĐAJIMA	62
7.1.1	Prometno oblikovni elementi i prometna oprema	63
7.1.2	Mjerenje brzina vozila	66
7.1.3	Mjerenje protočnosti.....	68
7.2	RASKRIŽJE SVETONEDELJSKE ULICE, ULICE DOBRIŠE CESARIĆA I ULICE IVANA GUNDULIĆA BEZ POSTAVLJENIH BROJAČA NA SEMAFORSKIM UREĐAJIMA.....	69
7.2.1	Prometno oblikovni elementi i prometna oprema	69
7.2.2	Mjerenje brzina vozila	72
7.2.3	Mjerenje protočnosti.....	74
7.3	KOMPARATIVNA ANALIZA DVAJU RASKRIŽJA	75
8	ZAKLJUČAK.....	79
	LITERATURA.....	81
	POPIS SLIKA	84
	POPIS TABLICA	85
	POPIS GRAFIKONA.....	86

1 UVOD

Raskrižja kao prometne površine na kojima se spajaju, razdvajaju, prepliću i križaju prometni tokovi, najčešći su element cestovne i ulične mreže. Propusna moć raskrižja najčešće određuje i propusnu moć cjelokupne gradske mreže cesta i ulica ili njenih pojedinih dionica. Jednako tako zbog načina odvijanja prometa kao i primijenjenim regulacijskim rješenjima, na raskrižjima događa se niz konfliktnih radnji s kojima se ugrožava protočnost i sigurnost prometa. U svrhu efikasnost i jednolike raspodjele prometnih tokova na raskrižju najčešće se postavljaju semfori. Pri tome trajnje ciklusa odnosno broja i dužine signalnih pojmova i broja faza dominantno utječu na propusnu moć i isgurnost raskrižja. Kako bi se sudionicima u prometu naznačilo preostalo vrijeme čekanja za promjenu faze u novije vrijeme se uz semaforska svjetla postavljaju i brojači preostalog vremena pojedine faze. Iako za takvo riješenje ne postoji pravno uporište, zbog sve većeg broja takvih brojača u gradovima, opravdano se postavlja zahtjev za istraživanjem njihove učinkovitosti i utjecaja na sigurnost cestovnog prometa

Povećanje propusne moći i sigurnosti prometa na raskrižjima u gradovima i urbanim sredinama postavljanjem brojača preostalog vremena koji se nalaze uz semaforska svjetla, osnovna je hipoteza diplomskog rada.

Analiza utjecaja brojača preostalog vremena na semaforskim uređajima na sigurnost cestovnog prometa i propusnu moć raskrižja, hipoteza je koja se u diplomskom radu dokazuje uz pomoć relevantnih činjenica, usporedbe istraživanja i stavova pojedinih autora i obrazloženja rezultata istraživanja.

Prema definiranoj hipotezi diplomski rad se sastoji od osam poglavlja.

U uvodu su prezentirane problem istraživanja i osnovne postavke diplomskoga rada koje su razrađivane u pojedinim poglavljima.

U drugom poglavlju opisani su prometno-oblikovni elementi raskrižja kao i elementi koji značajno nadopunjuju sustave sigurnosti četverokrakog raskrižja u razini.

U trećem poglavlju opisani su prometni znakovi i signalizacija u cestovnom prometu. Ukratko će biti opisani vrsta i značenje prometnih znakova te njihova svrha u odvijanju prometa na cestama. Također će biti opisana ostala prometna signalizacija, rasvjeta i prometna oprema, svrha, način postavljanja i mjesta na kojima se postavlja.

U četvrtom poglavlju opisano je stanje sigurnosti prometa na području policijske uprave zagrebačke usporedno sa policijskom postajom Samobor. Razlog tome je utvrđivanje trendova što se tiče broja i posljedica prometnih nesreća u posljednjih 6 godina (2010. – 2016. god.).

U petom poglavlju je napravljena analiza rada semaforskih uređaja koji nisu prometno ovisni, a tu spada način proračuna signalnog plana i proračun duljine trajanja zaštitnih međuvremena unutar ciklusa signalnog plana.

U šestom je poglavlju opisan način rada semaforiziranih raskrižja sa uključenim brojačima, načina rada brojača, njihova primjena u svijetu i rezultati provedenih analiza u drugim državama o utjecaju brojača na sigurnost i protočnost prometa.

U sedmom poglavlju je opisan način provedbe istraživanja i rezultati izvršene analize na dva raskrižja u Samoboru, jedno bez postavljenih brojača, a drugo sa postavljenim brojačima.

U zaključku su na temelju dobivenih rezultata na sustavan i koncizan način sublimirani pozitivni i negativni učinci brojača vremena na semaforskim uređajima te u skladu s tim predložena su rješenja poboljšanja sigurnosti i protočnosti prometa na semaforiziranim raskrižjima.

2 ANALIZA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA

Osmišljeno i dobro koncipirano raskrižje udovoljit će uvjetima sigurne vožnje ako udovoljavaju bitnim zahtjevima:

- pravovremena prepoznatljivost
- preglednost
- shvatljivost
- dostatna provoznost

Pravovremena prepoznatljivost mora biti osigurana sa svih privoza, a vozači spremni na sve prometne situacije koje su pred njima.

Preglednost raskrižja podrazumijeva dobro i pravovremeno uočavanje najbitnijih oblikovnih elemenata raskrižja.

Shvatljivost je zadovoljena u uvjetima kada je svim učesnicima u prometu jasno na koju stranu skrenuti, kako se razvrstati i gdje su moguće konfliktne točke.

Dostatna provoznost je osigurana za ona rješenja raskrižja u kojima su oblikovna svojstva usklađena sa voznodinamičkim, odnosno voznogeometrijskim osobinama vozila.¹

U mreži javnih cesta, s većim brzinama vozila, prisutna je voznodinamička kategorija događaja. U naseljima s kontroliranim brzinama vozila manje je istaknuto vozno-dinamičko, a više vozno-geometrijsko mjerilo za utvrđivanje projektnih elemenata.²

¹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 4

² Ibidem. str. 55

2.1 VOĐENJE LINIJE

U sklopu izgradnje novih dionica ceste potrebno je uvažavati elemente vođenja linije trase ceste, što u izgrađenim dijelovima trase sa postojećim raskrižjima unutar prometne mreže u pojedinim uvjetima nije moguće zbog manje slobodnih površina za oblikovanje raskrižja i sigurnosne opreme.³

Razlikuju se dva načina vođenja linije na trasi: tlocrtno i visinsko. Također, važan element je nagib i odvodnja kolnika.

2.1.1 Tlocrtno vođenje linije

Način tlocrtnog vođenja linije trase utječe na preglednost, a time i sigurnost raskrižja. Prilikom tlocrtnog vođenja linije trase ceste, njezine glavne osi potrebno je zbog osiguranja preglednosti položiti u što okomitiji odnos. Razni modaliteti križanja sa odmaknutim priključcima uvelike ovise o zahtjevima prometa ili terenskih prilika.⁴

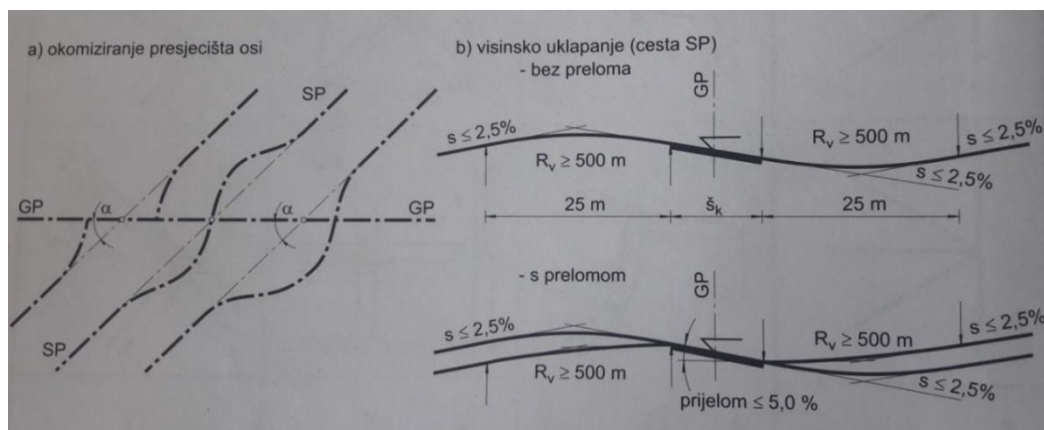
2.1.2 Visinsko vođenje linije

Preglednost u raskrižju najviše ovisi o visinskom vođenju linije, odnosno visinskim elementima u kombinaciji s tlocrtnim elementima. Prilikom određivanja preglednosti prednost imaju ona rješenja s manjim konkavnim zaobljenjima nasuprot rješenja sa konveksnima zaobljenjima. Konveksna zaobljenja rezultiraju nepreglednim i nesigurnim raskrižjima.⁵

³ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 55

⁴ Ibidem, str. 56

⁵ Ibidem, str. 56



Slika 1: Tlocrtni i visinski elementi pri vođenju linije

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 56

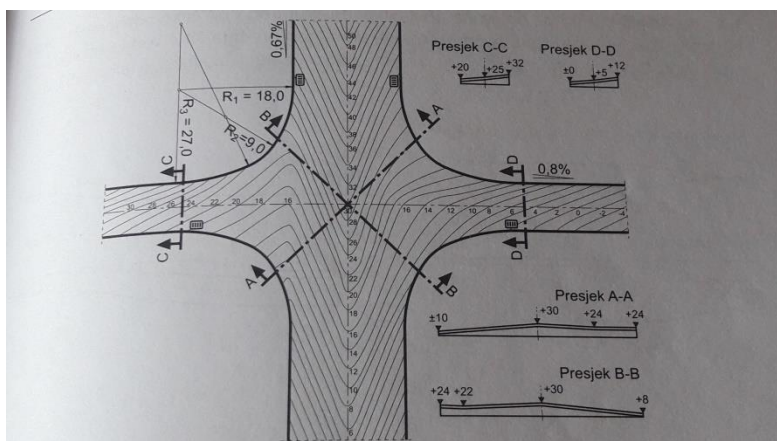
2.1.3 Nagibi i odvodnja kolnika

Poprečni, uzdužni i ukupni nagibi u području raskrižja trebaju biti oblikovani na način da se omogući brza i učinkovita odvodnja. Za kvalitetnu odvodnju, poprečni nagib trebao bi biti veći od 2.0 %, a ukupni nagib veći od 2.5 %.

Nagibi sporednih ili spojnih cesta trebaju se podrediti nagibu glavne ceste.

Za svrsishodno oblikovanje nagiba kolnika neophodni su oblikovanje i kontrola prijelaznih bridova ploha na spojevima kolnika. Provjera svih dijelova kolnika može se provesti pomoću konstrukcije izohipsa i linija otjecanja te najviših i najnižih kota na mjestu konveksnih i konkavnih zaobljenja.⁶

⁶ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008. str. 56



Slika 2: Izgled raskrižja s planom izohipsa i slivnika

Izvor: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 57

2.2 PROMETNI TRAKOVI

Plohe kolnika u području raskrižja tvore prolazni trakovi, a u pojedinim slučajevima dodatni prometni trakovi (trakovi za lijeva i desna skretanja, ulijevanja i trakovi za javni promet). Potreban broj i duljina prometnih trakova određena je veličinom i oblikom raskrižja. Broj prolaznih trakova u području raskrižja u pravilu bi trebao ostati isti kao na otvorenoj trasi. Širina prolaznih trakova ovisi o brzini u raskrižju V_k i širini vozila koja prometuju raskrižjem. Iznimke su za slučajeve proširenja u zavojima i posebnog oblikovanja rubnjaka uz trokutaste otoke privoznih cesta.

Širi prolazni trakovi u iznimnim slučajevima mogu biti suženi, ali uz smanjenje brzine i odgovarajuću signalizaciju.⁷

⁷ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 57

2.2.1 Trakovi za skretanje ulijevo

U raskrižju su mogući trakovi za skretanje ulijevo sa kolnika glavne i sporedne ceste. Širina trakova za skretanje ulijevo može biti 0.25 m uža od prolaznih trakova, ali ne uža od 3.00 m. Trakovi za lijevo skretanje mogu biti 2.75 m uski samo u iznimnim slučajevima sa neznatnim učešćem teretnog prometa i kada to uvjetuju prostorna i konstruktivna rješenja.

Dvostruki trakovi za skretanje ulijevo dopušteni su samo uz uporabu svjetlosne signalizacije s posebnom fazom za skretanje ulijevo za oba prometna traka.⁸

Duljinu traka za skretanje ulijevo uvjetuju prostorno – prometni uvjeti, a uključuje: duljinu razvlačenja l_z (m), duljinu svrstavanja l_v (m), te duljinu svrstavanja l_a (m).

Duljina zaustavljanja počinje od zaustavne linije, a odgovara duljini prostora za zaustavljanje. U raskrižjima sa svjetlosnom signalizacijom duljina postavljanja određuje se iz elemenata signalnog programa, a u raskrižjima bez svjetlosne signalizacije u pravilu je dostatna duljina od 20 metara. Najmanja duljina postavljanja iznosi duljinu dva mjerodavna osobna vozila (oko 10 metara).⁹

Duljine razvlačenja l_z izračunava se prema formuli:

$$l_z [\text{m}] = v_k \cdot \sqrt{\frac{i}{3}}$$

v_k – dopuštena brzina u raskrižju [km/h]

i – mjera proširenja kolnika [m]

U uvjetima skućenog prostora ili iz razloga smanjenja brzine, mogu se odrediti svrsishodne duljine razvlačenja, ali ne manje od 20 metara.

⁸ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 59

⁹ Ibidem. str. 59

U izgrađenim zonama naselja može se odustati od trakova za lijevo skretanja u ovim slučajevima:

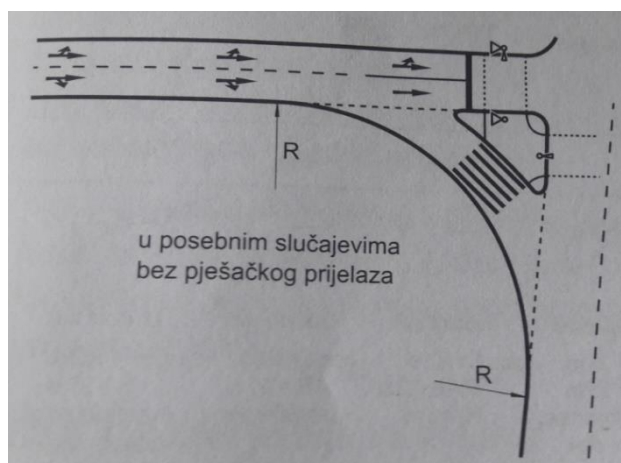
- vozila koja skreću lijevo mogu slobodno prolaziti na osnovi upravljanja pomoću svjetlosne signalizacije
- u užem području raskrižja ima dovoljno prostora za postavljanje
- manji broj lijevih skretača, dok prolazni trakovi nisu jako opterećeni
- lijevi skretači ne uzrokuju nepotrebna ometanja
- zabranjeno lijevo skretanje na raskrižjima dvotračnih cesta vođenje lijevih skretača obavlja se po principu prednosti
- prema položaju raskrižja
- prema ulozi u mreži nadređene ceste
- prema količini lijevih skretača u odnosu na veličinu prometa na nadređenoj cesti

2.2.2 Trakovi za skretanje udesno

Oblikovanje prometnih površina za odvajanje s glavnog kolnika udesno ovisi o broju i strukturi desnih skretača, tipu raskrižja, konfiguraciji i mjesnim prilikama.

Tri su osnovna oblika vođenja desnih skretača:

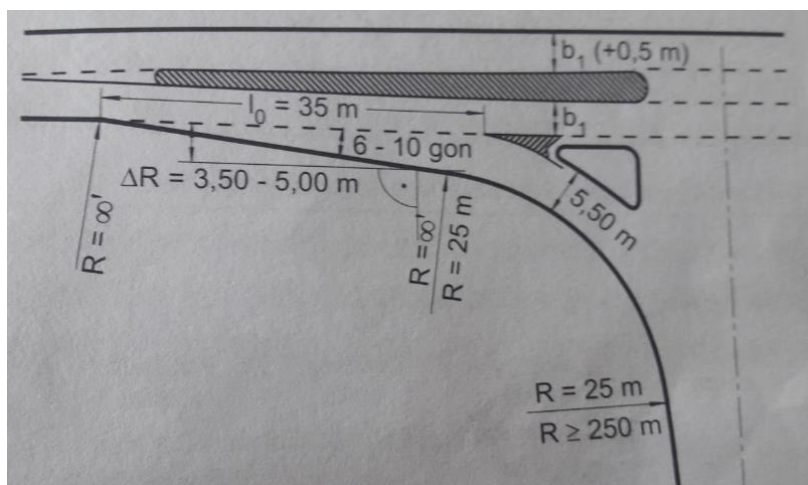
- 1) Zaobljenje ugla s jednostavnim kružnim lukom ili sa složenim lukom te sa ili bez razdjelnika kolnika.



Slika 3: Kraći izvozni klin

Izvor: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 63

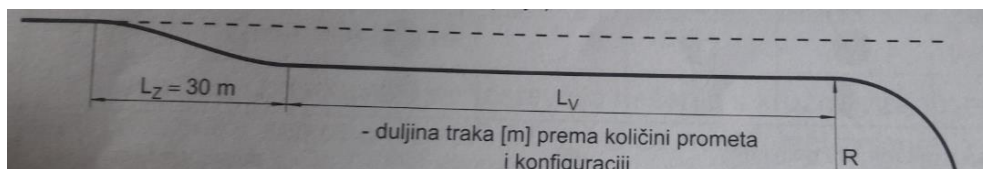
- 2) Izvozni klin s priključnim zaobljenjem te s razdjelnikom kolnika (kaplja) i s trokutastim otokom



Slika 4: Srednji izvozni klin

Izvor: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 63

- 3) Trak za desno odvajanje s priključnim zaobljenjem te s razdjelnikom kolnika i s trokutastim otokom



Slika 5: Dulji dodatni trak (za veći promet u odvajanju)

Izvor: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 63

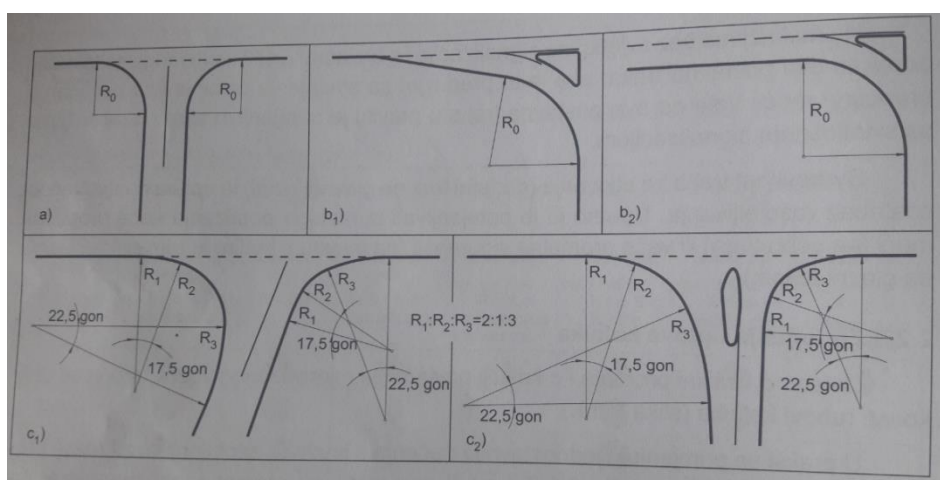
Područje primjene pojedinih oblika ovisi o dopuštenoj brzini te o biciklističkom i pješačkom prometu, prisutnosti svjetlosne signalizacije.

2.2.3 Zaobljenje uglova kolnika

Ovisno o veličini prometa i o krivulji povlačenja mjerodavnog vozila, mogu se oblikovati rubovi kolnika.

Primjenjuju se jednostavnija rješenja s kružnim zaobljenjem za manji promet u pristupnim zonama ($R_0 = 1.0 - 7.0$ m) ili veći promet osobnih vozila.¹⁰

U ostalim slučajevima važno je oblikovanje privoza i zaobljavanje uglova prema mjerodavnim krivuljama privoženja.



Slika 6: Osnovni oblici zaobljavanja uglova

Izvor: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 63

Radijus zaobljenja kolnika nebi smio biti manji od 10 metara zbog toga da bi se omogućilo skretanje teškim teretnim vozilima. Teška teretna vozila prolaze promatranim raskrižjem zbog toga što se raskrižje nalazi u blizini industrijske zone, robnih kuća i autobusnog kolodvora.

¹⁰ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 65

2.3 RAZDJELNICI I OTOCI

Uzdignuti ili iscertani otoci u raskrižju služe vođenju prometnih tokova i smanjivanju konfliktnih površina. Također služe i kao podloge za prometne uređaje i za zelene površine.

2.3.1 Razdjelnici kolnika

Unutar izgrađenih područja razdjelnici su uvijek potrebni u raskrižju, ako pješački prijelaz vodi preko tri ili više prometnih trakova. Na raskrižjima sa svjetlosnom signalizacijom i pješačkim prijelazom, proračunom semaforских faza i prometnim analizama, određuje se potreba za razdjelnicima.

U prijelaznom području prema naselju je uređenje razdjelnika kolnika u pojedinačnom slučaju ovisno o prometnim i prostorno-tehničkim osobitostima.¹¹

Bridovi razdjelnika kolnika trebali bi se odmaknuti 0.50 metara od rubnog prolaznog traka glavne ceste.

2.3.2 Trokutasti otoci

Izgradnja i oblikovanje trokutastog otoka u uskoj je vezi s trajektorijom mjerodavnog vozila u desnom skretanju te u vezi izvođenja s glavnog kolnika bez svjetlosne signalizacije.

Izvan izgrađenih područja trokutasti otoci trebaju se odmaknuti 0.50 metara od rubnog prolaznog traka glavne ceste.

Bridovi trokutastih otoka mogu se pri manjim brzinama izvoditi pravocrtno, a nebi trebali biti kraći od 5 metara i dulji od 20 metara.

Ako je trokutasti otok presječen biciklističkom i pješačkom stazom, tada preostali vrhovi trebaju biti barem 1.50 metara dugi.¹²

¹¹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 67

¹² Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str.69

2.4 PJEŠAČKI I BIKIKLISTIČKI PROMET

Pješački promet je u naseljenim zonama najčešće vrlo značajan u dimenzioniranju i oblikovanju raskrižja, što se posebno odnosi na pristupne i sabirne ceste.

S povećanjem značenja motornog prometa povećava se izglednost duljih pristupnih puteva i čekanja pješaka. Otoci u raskrižju služe pješacima za prijelaz u kraćim etapama. U slučajevima duljih prijelaza preko prometnice, manji uski otoci potrebni su za zadržavanje pješaka na njima i kako bi se prijelaz pješaka mogao obaviti u dvije ili tri etape. Pješački bi prijelaz u pravilu trebao biti odmaknut od ruba paralelne prometnice za minimalno 5 metara kako bi mjerodavno vozilo moglo stati u prostor između pješačkog prijelaza i kolnika. To je važna mjera koja služi nepotrebnom usporavanju prometnog toka dok prvo vozilo čeka na uključivanje u glavni prometni tok.

Ako se pješački promet vodi preko višetračnih kolnika i trokutastog otoka sa svjetlosnom signalizacijom, potrebno je osigurati dostatnu preglednost i obratiti pozornost dobrom uvođenju desnih skretača u glavni prometni tok.¹³

Biciklistički je promet sve više zastupljen u urbanim sredinama i zbog toga bi ga trebalo uzeti u obzir prilikom oblikovanja raskrižja. Biciklisti pri lijevom skretanju mogu biti vođeni izravnom ili neizravnom putanjom. Pri izravnom vođenju bicikli se ravnaju prema signalizaciji za motorni ili biciklistički promet. Pri neizravnom vođenju biciklisti se najprije uvode u režim sporednog prometnog toka i pod istim prelaze glavni smjer.¹⁴

¹³ Ibidem, str. 70

¹⁴ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 70

2.5 JAVNI PUTNIČKI PROMET

Prilikom modeliranja raskrižja, posebno u urbanim sredinama, potrebno je uzeti u obzir prometne površine za javni promet, kao što su posebni trakovi za autobuse i autobusna i tramvajska stajališta.

Trakovi za javni gradski promet se uglavnom vode s vanjske strane kolnika, što je slučaj i sa klasičnim tramvajskim linijama.

Stajališta za autobuse i tramvaje se u pravilu smještaju iza raskrižja u smjeru vožnje, osim ako prometni uvjeti ne zahtijevaju drugačije rješenje. Razlog tome je povećanje brzine putovanja i sigurnosni čimbenik kako bi putnici koji prelaze kolnik imali potpunu preglednost ulijevo.¹⁵

2.6 PRILAGODBE OSOBAMA SA POSEBNIM POTREBAMA

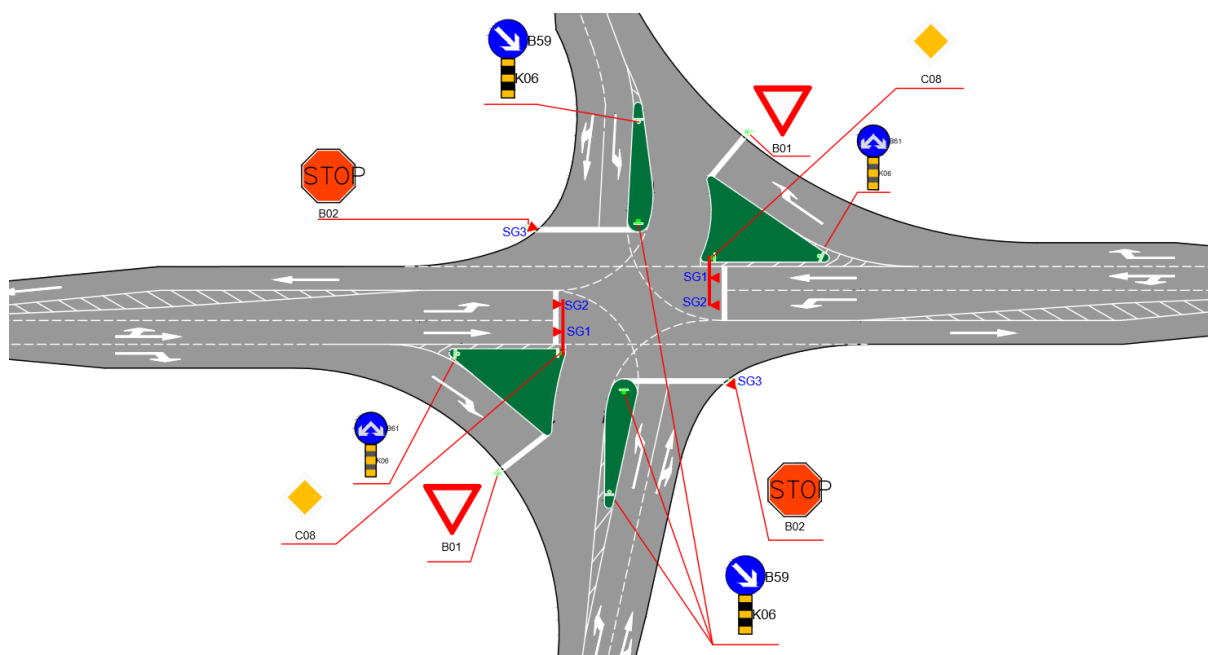
Pod grupom osoba sa posebnim potrebama podrazumijevaju se nepokretne osobe u kolicima, osobe sa štakama ili štapom, slijepe osobe i starije osobe te djeca i majke sa djecom. Prilikom odmjeravanja potrebnih prometno-operativnih površina moraju se uzeti u obzir prostorni zahtjevi navedenih grupa osoba:

- površine za nepokretne osobe u kolicima
- prijelazi s rampama
- kosine uz stepenice
- izdignuti peroni
- klupe za odmor

U kvalitetna rješenja također spadaju i uređaji sa svjetlosnom signalizacijom, opskrbljeni tipkama i zvučnim signalima za slijepe osobe.¹⁶

¹⁵ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 71

¹⁶ Ibidem. str. 71



Slika 7: Četverokrako semaforizirano raskrižje sa svim prometno – oblikovnim i sigurnosnim elementima

3 PROMETNI ZNAKOVI I SIGNALIZACIJA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM NA CESTAMA

Kako bi se osiguralo nesmetano i sigurno odvijanje prometa (posebno na raskrižjima gdje se nalazi velik broj konfliktnih točaka), potrebno je kvalitetno prenijeti informacije svim sudionicima u prometu. Takve informacije sudionici dobivaju prometnom signalizacijom.

Vrsta, značenje, oblik, boja, dimenzije i postavljanje prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama propisuje se Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, u skladu sa Zakonom o sigurnosti prometa na cestama.

Prometna signalizacija i oprema na cestama služi za povećanje sigurnosti, vođenje prometa i obavješćavanje sudionika u prometu.

Dijeli se na horizontalnu i vertikalnu prometnu signalizaciju.

3.1 HORIZONTALNA PROMETNA SIGNALIZACIJA

U horizontalnu prometnu signalizaciju pripadaju oznake koje su podijeljene u tri podskupine: uzdužne, poprečne i ostale oznake.

Oznake na kolniku se definiraju kao skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Oznake na kolniku su dio cjelokupne prometne signalizacije i ne mogu se nadomjestiti drugim znakovima ili propisima. Oznake na kolniku imaju jednaku pravnu vrijednost kao prometni znakovi i prometna svjetlosna signalizacija i mogu se postavljati samostalno ili u kombinaciji sa njima.

Osnovni zadaci oznaka na kolniku su:

- upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila
- vođenje putanje vožnje
- informiranje o zakonskim ograničenjima
- pomoć pri reguliranju prometa

Osnovna boja za izradu oznaka na kolniku je bijela, osim određenih oznaka koje mogu biti žute boje. Oznake koje se označavaju žutom bojom su:

- oznake na kolniku koje označavaju zabranu parkiranja ili parkirno mjesto za osobe sa posebnim potrebama
- rubna traka
- privremena oznake na kolniku (opasnost)
- označavanje mjesta posebne namjene
- isprekidana linija za odvajanje prometne trake koja je namijenjena za javni gradski promet

3.1.1 Uzdužne oznake

Uzdužne oznake na kolniku mogu biti razdjelne crte, rubne crte i crte upozorenja, a izvode se kao isprekidane, pune i dvostruke crte.

Isprekidana uzdužna crta može biti isprekidana razdjelna crta, kratka isprekidana crta, široka isprekidana crta i crta upozorenja.

Široka isprekidana crta služi kao rubna crta za razdvajanje tokova u raskrižju na cestama izvan naselja.

Kratka isprekidana crta služi kao razdjelna crta na prilaznim krakovima raskrižja, kao crta vodilja u samom raskrižju i za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza putnika.

Dvostruka razdjelna crta može biti dvostruka puna, dvostruka isprekidana i dvostruka kombinirana.

Dvostruka puna razdjelna crta označuje zabranu prelaska vozila preko tih crta ili zabranu kretanja vozila po tim crtama i obvezno se izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet vozila.

Dvostruka isprekidana razdjelna crta služi za obilježavanje prometnih traka s izmjenljivim smjerom kretanja na kojima je promet upravljan prometnim svjetlima.

Dvostruka kombinirana crta služi za razdvajanje prometnih traka na mjestima na kojima su uvjeti preglednosti takvi da dopuštaju pretjecanje samo u jednom smjeru kretanja.

3.1.2 Poprečne oznake

Poprečne oznake na kolniku obilježavaju se punim ili isprekidanim crtama i mogu biti povučene na kolniku tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova.

Dijele na: crte zaustavljanja, kose crte, graničnici, pješački prijelazi, prijelazi biciklističke staze preko kolnika.

Crta zaustavljanja - označuje mjesto na kojemu vozač mora zaustaviti vozilo. Izvodi se na prilazima raskrižju koja nemaju prednost prolaska. Razlikuju se puna i isprekidana crta zaustavljanja ovisno o tome dali vozač mora ili ne mora obavezno zaustaviti vozilo. U slučaju postojanja pješačkog prijelaza, crta zaustavljanja mora biti pomaknuta 1 metar od pješačkog prijelaza.

Kose crte - označuju mjesto otvaranja izlaznog traka i zatvaranja ulaznog traka na autocesti i brzoj cesti, te otvaranje i zatvaranje prometnog traka namijenjenog vozilima javnog prijevoza putnika.

Graničnik - označuje mjesto ulaženja na kojem je potrebno odvojiti dio kolnika na kojem je zabranjen promet.

Pješački prijelaz - označuje dio površine kolnika namijenjenog prijelazu pješaka. Pješački prijelaz se označava najmanje 5 metara od ruba provoznog traka zbog toga kako bi mjerodavno vozilo moglo stati u prostor između pješačkog prijelaza i zaustavne linije u slučaju da mora propustiti vozila sa glavnog privoza.

3.1.3 Ostale oznake

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su strelice, polja za usmjerivanje prometa, crte usmjerivanja, natpisi, oznake za označivanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake.

Strelicama se na kolniku obilježava obavezan smjer kretanja vozila – ako su obilježene u prometnom traku obrubljenom punom crtom – i njima se obavješćuju vozači o namjeni prometnih trakova – ako su obilježene u traku obrubljenom isprekidanom crtom.

Polja za usmjerivanje prometa označuju površinu na kojoj je zabranjen promet i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila.

Crta usmjerivanja označuje mjesto promjene slobodne površine kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili na njezinim rubovima.

Natpisi na kolniku daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti.

Označivanje prometnih površina za posebne namjene služi za obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za autobusna stajališta, obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za taksi vozila, obilježavanje pješačkog prijelaza u blizini škole, obilježavanje mjesta namijenjenim isključivo osobama s invaliditetom te obilježavanje mjesta na kojima je zabranjeno zaustavljanje i parkiranje i obilježavanje biciklističkih i pješačkih staza.

Obilježavanje mjesta za parkiranje vozila služi za označivanje prostora za parkiranje. Parkiranje u odnosu na rub kolnika može biti uzdužno, koso i okomito.

Obilježavanje bijelih točaka uz vanjsku stranu rubne crte za ocjenu vidljivosti u magli.

Obilježavanje naprava za smirivanje prometa – umjetne izbočine na kolniku i uzdignute plohe.

3.2 VERTIKALNA PROMETNA SIGNALIZACIJA

U vertikalnu prometnu signalizaciju pripadaju svi znakovi i oznake koji su uzdignuti iznad površine. Postavljaju se na portalima iznad kolnika ili na stupove uz rubove kolnika.

3.2.1 Prometni znakovi

Prometni znakovi su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu i oni su jedni od tehničkih sredstava za upravljanje prometnim tokovima ili upravljanje kretanja po prometnoj mreži.

Prometni znakovi dijele se na:

- znakove opasnosti
- znakove izričitih naredbi
- znakove obavijesti
- znakove obavijesti za vođenje prometa
- dopunske ploče
- promjenjive prometne znakove

Prometni se znakovi postavljaju na lijevoj ili desnoj strani ceste, portalima iznad ceste, stupovima rasvjete, stupovima semafora, zidovima i ogradama.

Na cestama izvan naselja prometni se znakovi postavljaju na visini od 1.2 do 1.4 metra, dok se u naselju postavljaju na visinu do 2.20 metara.¹⁷

Razlog tomu je bolja vidljivost prometnog znaka u naselju zbog parkiranih automobila uz kolnik i ostalih objekata koji mogu zakloniti prometni znak.

Prometni znakovi koji su smješteni iznad kolnika moraju biti na visini od 4.5 metara ili više.

Stup prometnog znaka, u pravilu, se postavlja najviše 2 metra od kolničkog ruba, a vodoravni razmak između ruba kolnika i najbližeg ruba prometnog znaka mora iznositi najmanje 0.30 metara.¹⁸

¹⁷ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN33/2005, Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka.

¹⁸ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN33/2005, Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka.

Znakovi opasnosti sudionicima u prometu označavaju blizinu dijela ceste na kojem prijeti opasnost. Imaju oblik istostraničnog trokuta, osnovna boja je bijela, a rubovi su crvene boje (osim znaka A25 čija je boja žuta, a označava radove na cesti).



Slika 8: Znakovi opasnosti

Izvor: <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-opasnosti/>

Znakovi izričitih naredbi obavještavaju sudionike u prometu da je na tom djelu ceste na snazi ograničenje, zabrana ili obaveza. Ti su znakovi okruglog oblika (osim znakova za označavanje ceste sa prednošću prolaska i obaveznog zaustavljanja).

Osnovna boja znakova zabrane i ograničenja je bijela, a znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja su crne boje, a na znakovima obveze bijele boje. Rubovi kruga, ravne i kose crte su crvene boje.



Slika 9: Znakovi izričitih naredbi

Izvor: <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-izricitih-naredbi/>

Znakovi obavijesti upotrebljavaju se za potrebne obavijesti o cesti kojom se sudionici u prometu kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti.

Izrađuju se u tri oblika: kvadrat, pravokutnik i krug.

Boje znakova obavijesti jesu:

- žuta sa natpisima i simbolima crne boje
- plava sa simbolima i natpisima crne, crvene ili zelene boje
- zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje



Slika 10: Znakovi obavijesti

Izvor: <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-obavijesti/>

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavještavaju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta.

Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa je:

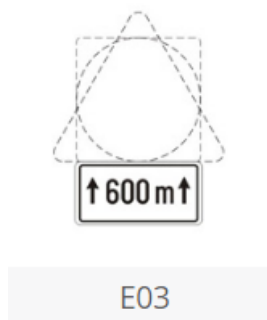
- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje
- za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje



Slika 11: Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Izvor: <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-obavijesti/>

Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka. Postavljaju se zajedno s prometnim znakovima na koje se odnose, i to ispod donjeg ruba prometnog znaka. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka. Visina dopunske ploče, u pravilu, ne smije iznositi više od polovice njezine dužine.



Slika 12: Dopunske ploče

Izvor: <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/dopunske-ploce/>

3.2.2 Svjetlosni signalni uređaj

Svjetlosni signalni uređaj je izvor logičkih funkcija upravljanja prometnim procesom. Funkcija mu je upravljanje prometnim tokovima na raskrižju preko svjetlosnih signalnih pojmova.

Svjetlosni signalni uređaj se sastoji od lokalnog uređaja, središnjeg uređaja i prometnog svjetlosnog signala.

Lokalni uređaj je svjetlosni signalni uređaj koji upravlja prometnim svjetlima na raskrižju.

Središnji uređaj upravlja i nadzire rad lokalnih uređaja.

Prometni svjetlosni signal (lanterna, semafor) je materijalni nositelj informacija, tj. davatelj signalnih pojmova. Lanterne se postavljaju na stupove, konzole ili portale iznad prometnica.

Rad svjetala definiran je zakonskim propisima.

3.3 RASVJETA

Rasvjeta je predviđena za raskrižja cesta na rubu naselja ili unutar naselja, a za javne ceste višeg razreda i sa većim brzinama u raskrižju, rasvjeta je predviđena u iznimnim slučajevima kao što su: nepregledne zone, veliko prometno opterećenje. Način postavljanja rasvjetnih tijela i norme uređeni su posebnim regulativnim aktima.¹⁹

3.4 OPREMA NA CESTAMA

U prometnu opremu na cesti spadaju:

1. Oprema za označavanje ruba kolnika:

- Smjerokazni stupići (K01) – služe za označavanje ruba kolnika
- Smjerokazne oznake (K02) – označuju rub kolnika u tunelu, galeriji
- Reflektirajuće oznake (K03) – označuju rub kolnika, a postavljaju se na objekte i to na mjestima gdje nije moguće postaviti smjerokazne stupiće
- Štapovi za snijeg – označuju rub kolnika u zimskim uvjetima i pružanje ceste ili cestovne građevine

¹⁹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008, str. 167

2. Oprema za označavanja vrha prometnog otoka

- Ploča za označavanje prometnog otoka – označuje vrh prometnog otoka na raskrižju, te vrh razdjelnog otoka na izlaznim krakovima autocesta i cesta namijenjenim za prometovanje motornih vozila
- Znak za označavanje ruba prometnog otoka – označuje vrh prometne kaplje na raskrižju

3. Oprema, znakovi i oznake za označavanje radova, zapreka i oštećenja kolnika:

- Ploče za označavanje zapreka na cesti – označuju radove ili zapreke na cesti
- Ploče za označavanje zavoja na cesti – postavljaju se na mjestima gdje počinje zavoj ili oštar zavoj
- Ploče za označavanje bočne zapreke – označuju mjesto bočnog smanjenja profila ceste
- Ploče za označavanje umjetne izbočine i uzdignute plohe
- Stožac – služi za obilježavanje mjesta kratkotrajnih radova na cesti
- Branik za označavanje zapreka
- Ploča za obilježavanje mjesta izvođenja radova na cesti ili oštećenja kolnika
- Pokretna ploča s treptaćima i znakovima – označuje mjesto oštećenja kolnika ili izvođenja radova na cesti
- Pokretna ploča s treptaćima i svjetlećim strelicama – označuje mjesto na cesti gdje je prometni trak zatvoren pa se preusmjeruje promet
- Pokretna signalna ploča s promjenjivim sadržajem - upozorava na blizinu mjesta na cesti na kojemu se izvode radovi ili gdje je zadan smjer i način preusmjeravanja prometa
- Svjetlosni znakovi za označavanje radova, zapreka ili oštećenja kolnika
- Oprema za vođenje i usmjerivanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka i oštećenja kolnika
- Marker i smjerokazne oznake za razdvajanje smjerova vožnje

4. Branici i polubranici

- Naprave namijenjene zatvaranju prometa vozila i pješaka. Najčešće se koriste na prijelazima preko željezničke pruge.

5. Prometna zrcala

- Služe za olakšano uključivanje vozila sa sporednih cesta na cestu sa prednošću prolaska u uvjetima smanjene preglednosti

6. Zaštitne ograde

- Sigurnosna konstrukcija namijenjena sprječavanju klizanja vozila sa ceste. Izrađuje se od čelika betona ili kombinirano.

7. Ograde protiv zaslepljivanja

- Postavljaju se u razdjelni pojas ceste s dva kolnika za promet suprotnih smjerova, a služe protiv zaslepljivanja vozila iz suprotnog smjera.

8. Zaštitne žičane ograde

- Ograde namijenjene zaštiti prometa na cesti od divljači i drugih životinja, te na nadvožnjacima za zaštitu prometa ispod nadvožnjaka. Postavljaju se uz autoceste, brze ceste i ostale ceste prema potrebi

9. Pješačke ograde

- Namijenjene su osiguranju pješaka i vođenje pješačkih tokova

10. Ublaživači udara

- Naprave koje se koriste za osiguranje posebno opasnih mjesta na cesti

4 ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U GRADU ZAGREBU OD 2010. – 2016. GODINE

Stanje sigurnosti cestovnog prometa određuje se i prema analizi statističkih podataka o broju i posljedicama prometnih nesreća. Za potvrđivanje postavljene hipoteze obavljena je analiza statističkih podataka iz Biltena o sigurnosti prometa na cestama kojeg objedinjava i publicira Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske²⁰, u vremenskom razdoblju od 2010. – 2016. godine na području Policijske uprave zagrebačke. Analizirani podaci uspoređeni su sa podacima iz Policijske postaje Samobor, koja je sastavni dio Policijske uprave zagrebačke. Posebno se analiziralo udjele prometnih nesreća na području Samobora s obzirom na ukupni broj prometnih nesreća i njihovih posljedica.

4.1 ANALIZA PROMETNIH NESREĆA 2010.-2016. god

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2010. godini registrirano je 546.272 vozila na motorni pogon, što je 27,2 % od ukupnog broja registriranih vozila u Republici Hrvatskoj. Od tog broja 437.461 su osobna vozila, 49.321 teretnih vozila, 21.036 mopeda, 13.210 motocikla i 1.170 autobusa. Jednako tako prema statističkim podacima na području Policijske uprave zagrebačke evidentirano je 578.089 vozača, što je 25,9 % od ukupnog broja vozača u Republici Hrvatskoj. Od toga broja, 112.607 vozača je starosne dobi do 30 godina, odnosno, udio mladih u ukupnoj populaciji vozača 2010. god bio je 19,5 %.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 13.727 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 463 prometnih nesreća.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u prosincu (1.317 ili 9,6 %), a najmanje u kolovozu (907 ili 6,6 %).

Na području policijske postaje Samobor 2010. godine evidentirane su 463 prometne nesreće što je 3.37% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²⁰

²⁰ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2010 za medije, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2011, str. 37 – 40.

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2011. godini registrirano je 541.800 vozila na motorni pogon (0,8 % manje nego 2010. godine), što je 27,1 % vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima je 435.877 osobnih i 47.363 teretna vozila, 20.568 mopeda, 13.238 motocikala i 1.162 autobusa .

Također je riječ i o 580.707 evidentiranih vozača (0,5 % više nego godinu dana ranije), što je 25,8 % vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 13.020 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 452 prometnih nesreća.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u listopadu (1.317 ili 10,1 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u kolovozu (902 ili 6,9 %).

Na području policijske postaje Samobor 2011. godine evidentirane su 452 prometne nesreće što je 3.47% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²¹

U 2012. godini na području Policijske uprave zagrebačke registrirano je 478.797 vozila na motorni pogon (11,6 % manje nego 2011. godine), što je 25,3 % vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima je 392.380 osobnih automobila i 39.915 teretnih vozila, 14.887 mopeda, 11.068 motocikala i 1.056 autobusa. Također je riječ i o 583.910 evidentiranih vozača (0,6 % više nego godinu dana ranije), što je 25,8 % vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 11.657 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 363 prometnih nesreća.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u prosincu (1.177 ili 10,1 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u srpnju (833 ili 7,1 %).

Na području policijske postaje Samobor 2012. godine evidentirane su 363 prometne nesreće što je 3.11% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²²

²¹ Izvješće o stanju sigurnosti na području Policijske uprave zagrebačke u 2011, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2012, str. 36 – 39.

²² Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2012. godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2013, str. 36 – 38

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2013. godini registrirana su 475.163 vozila na motorni pogon (0,8 % manje nego 2012. godine), što je 25,0 % vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima je 390.057 osobnih automobila i 39.014 teretnih vozila, 14.396 mopeda, 10.919 motocikala i 1.011 autobusa. Evidentirano je 588.215 vozača (0,7 % više nego godinu dana ranije), što je 25,8 % vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 9.686 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 356 prometne nesreće.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u lipnju (908 ili 9,4 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u kolovozu (634 ili 6,5 %).

Na području policijske postaje Samobor 2013. godine evidentirane su 356 prometnih nesreća što je 3.68% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²³

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2014. godini registrirana su 479.996 vozila na motorni pogon (1,1 % više nego 2013. godine), što je 24,9 % vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima su 394.154 osobna automobila i 39.321 teretno vozilo, 13.856 mopeda, 11.149 motocikala, i 1.044 autobusa. Evidentirano je 592.391 vozača (0,7 % više nego godinu dana ranije), što je 25,7 % vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 8.559 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 323 prometnih nesreća.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u prosincu (808 ili 9,4 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u kolovozu (607 ili 7,1 %).

Na području policijske postaje Samobor 2014. godine evidentirane su 323 prometne nesreće što je 3.77% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²⁴

²³ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2013 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Veljača 2014, str. 33 – 35.

²⁴ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2014 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015, str. 33 – 36.

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2015. godini registrirano je 489.620 vozila na motorni pogon (2,0 % više nego 2014. godine), što je 24,9 % svih vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima je 401.070 osobnih automobila i 41.357 teretnih vozila, 13.254 mopeda, 11.503 motocikala, i 1.101 autobus. Evidentirano je 595.969 vozača (0,6 % više nego godinu dana ranije), što je 25,8 % svih vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 8.354 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 337 prometnih nesreća.

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u prosincu (789 ili 9,4 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u kolovozu (561 ili 6,7 %).

Na području policijske postaje Samobor 2015. godine evidentirane su 337 prometnih nesreća što je 4.03% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²⁵

Na području Policijske uprave zagrebačke u 2016. godini registrirano je 507.515 vozila na motorni pogon (3,7 % više nego 2015. godine), što je 25,0 % svih vozila u Republici Hrvatskoj. Među njima su 414.773 osobna automobila i 44.545 teretnih vozila, 12.538 mopeda, 11.970 motocikala, i 1.006 autobusa. Također evidentirano je 601.578 vozača (0,9% više nego godinu dana ranije), što je 25,9 % svih vozača u Republici Hrvatskoj.

Na području policijske uprave zagrebačke zabilježeno je 7.963 prometnih nesreća, dok je na području policijske postaje Samobor zabilježeno 329 prometnih nesreća.

U prometnim nesrećama sudjelovalo je 14.349 osoba, odnosno 10.110 (70,5 %) sudionika muškog i 4.239 (29,5 %) ženskog spola.

Od ukupnog broja nesreća, u 1.189 ili 14,9 % svih nesreća (0,7 % nesreća više), sudjelovali su mladi vozači (od 15 do 24 godine starosti).

Najviše prometnih nesreća dogodilo se u prosincu (793 ili 10,0 % od ukupnog broja nesreća), a najmanje u siječnju (528 ili 6,6 %).

Na području policijske postaje Samobor 2016. godine evidentirane su 329 prometnih nesreća što je 4.13% od ukupnog broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke.²⁶

²⁵ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2015, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015, str. 36 – 39.

²⁶ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2016, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2017, str. 35 – 38.

Tablica 1: Odnos prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine

UKUPNO		
Godina	PU Zagrebačka	PP Samobor
2010	13.727	463
2011	13.020	452
2012	11.657	363
2013	9.686	356
2014	8.559	323
2015	8.354	337
2016	7.963	329

Iz tablice 1 je vidljiv trend smanjenja prometnih nesreća na području Policijske uprave Zagrebačke kao i na području policijske postaje Samobor.

Tablica 2: Omjer broja registriranih vozila i prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke od 2010. do 2016. godine

Godina	Broj registriranih vozila	Broj prometnih nesreća	Omjer broja registriranih vozila i prometnih nesreća
2010	546.272	13.727	39,80
2011	541.800	13.020	41,61
2012	478.797	11.657	41,07
2013	475.163	9.686	49,06
2014	479.996	8.559	56,08
2015	489.620	8.354	58,61
2016	507.515	7.963	63,73

Iz tablice 2 vidljivo je na koliki broj registriranih vozila se dogodila jedna prometna nesreća u posljednjih 6 godina na području Policijske uprave zagrebačke. Vidljivo je da se taj omjer svake godine povećavao, a broj registriranih vozila se smanjivao do 2014. godine kada je zabilježen blagi porast registriranih vozila. Zaključak je da se u posljednjih 6 godina povećala sigurnost prometa na području policijske uprave zagrebačke.

4.2 ANALIZA POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA

U 2010. godini dogodilo se 13.727 prometnih nesreća, u kojima je 88 osoba poginulo, 680 je teže, a 3.442 lakše ozlijeđeno.

Najviše poginulih osoba bilo je u ožujku i rujnu (po 11 osoba) a najmanje u lipnju (3 osobe).

Najviše ozlijeđenih bilo je u rujnu (400 osoba ili 9,9 %), a najmanje u kolovozu (342 osobe).

Od toga broja 178 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 4,42% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 5 poginulih od ukupno 88 poginule osobe, što je 5.68% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.²⁷

Tablica 3: Prometne nesreće na području PU Zagrebačke i PP Samobor u 2010. godini

2010.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	13.727	463	3,37%
Ozlijeđeni	4.031	178	4,42%
Poginuli	88	5	5,68%

²⁷ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2010 za medije, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2011, str. 37 – 40.

U 2011. Godini dogodilo se 13.020 prometnih nesreća, u kojima je 76 osoba poginulo, 660 je teže ozlijeđeno, a 3.450 lakše.

Ukupno je zabilježen ukupno manji broj nesreća (707 nesreća ili 5,2 % manje) i manji broj nesreća s poginulim osobama u odnosu na 2010. godinu, ali i blago povećanje broja nesreća u kojima su osobe ozlijeđene. Od 13.020 prometnih nesreća, 2.977 je nesreća bilo s ozlijeđenim osobama (3,7 % više), a 71 nesreća s poginulim (14,5 % manje u odnosu na 2010. godinu). Među poginulim je 48 vozača (8 više), 16 putnika (2 više) i 12 pješaka (22 manje).

Najviše poginulih osoba zabilježeno je u lipnju i srpnju (po 11 osoba) a najmanje u ožujku (3 osobe).

Najviše ozlijeđenih bilo je u svibnju (427 osoba ili 10,4 %), a najmanje siječnju (227 osoba).

Među nastradalim osobama najviše je vozača. Najteže posljedice su zabilježene kod slijetanja vozila s ceste.

Od ukupnog broja nesreća, u 2.175 ili 16,7 % svih nesreća, sudjelovali su mladi vozači (od 16 do 24 godina starosti), u kojima je 17 osoba poginulo (2 manje), a 980 ih je ozlijeđeno (62 manje).

Od toga broja 207 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 5,04% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 10 poginulih od ukupno 76 poginulih osoba, što je 13.16% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.²⁸

Tablica 4: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2011. godini

2011.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	13.020	452	3,47%
Ozlijeđeni	4.110	207	5,04%
Poginuli	76	10	13,16%

²⁸ Izvješće o stanju sigurnosti na području Policijske uprave zagrebačke u 2011, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2012, str. 36 – 39.

U 2012. godini, dogodilo se 11.657 prometnih nesreća, u kojima je 66 osoba poginulo, 596 je teže, a 3.174 lakše ozlijeđeno.

Ukupno je zabilježen manji broj nesreća (1.362 nesreće ili 10,5 % manje) kao i manji broj nesreća s poginulim i ozlijeđenim osobama. Od 11.658 prometnih nesreća, 2.739 je nesreća bilo s ozlijeđenim osobama (8,0 % nesreća manje), a 61 nesreća s poginulim (14,1 % manje u odnosu na 2011. godinu). Među poginulim je 40 vozača (8 manje), 7 putnika (9 manje) i 19 pješaka (7 više).

Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodilo se 2.269 prometnih nesreća ili 19,5 %, u kojima je poginulo 28 osoba, a 1.131 je ozlijeđena (2011. godine – 2.780 nesreća, 37 poginulih i 1.403 ozlijeđenih osoba).

Najviše poginulih osoba zabilježeno je u prosincu (8 osoba) a najmanje u siječnju (0 osoba).

Najviše ozlijeđenih bilo je u lipnju (378 osoba ili 10,2 %), a najmanje veljači (168 osoba).

Od toga broja 125 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 3.32% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 3 poginulih od ukupno 66 poginulih osoba, što je 4.55% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.²⁹

Tablica 5: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2012. godini

2012.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	11.657	363	3,11%
Ozlijeđeni	3.770	125	3,32%
Poginuli	66	3	4,55%

²⁹ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2012. godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2013, str. 36 – 38.

U 2013. godini zabilježen je ukupno manji broj nesreća (1.972 nesreće ili 16,9 % manje) kao i manji broj nesreća s poginulim i ozlijeđenim osobama. Od 9.686 prometnih nesreća, 2.588 je nesreća bilo s ozlijeđenim osobama (5,5 % nesreća manje), a 54 nesreće s poginulim (11,5 % manje u odnosu na 2012. godinu).

Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodilo se 1.925 prometnih nesreća ili 19,9 %, u kojima je poginulo 20 osoba, a 1.197 je ozlijeđeno (2012. godine – 2.269 nesreća, 28 poginulih i 1.131 ozlijeđena osoba).

Najviše poginulih osoba bilježimo u listopadu (10 osoba) a najmanje u veljači i prosincu (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u rujnu (338 osoba ili 9,5 %), a najmanje u siječnju (237 osoba).

Od toga broja 131 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 3.68% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 5 poginulih od ukupno 62 poginule osobe, što je 8.06% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.³⁰

Tablica 6: Prometne nesreće na području Policijske uprave Zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2013. godini

2013.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	9.686	356	3,68%
Ozlijeđeni	3.559	131	3,68%
Poginuli	62	5	8,06%

³⁰ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2013 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Veljača 2014, str. 33 – 35.

U 2014. godini zabilježen je ukupno manji broj nesreća kao i manji broj nesreća s poginulim i ozlijeđenim osobama. Od 8.559 prometnih nesreća, 2.498 je nesreća bilo s ozlijeđenim osobama (3,5 % nesreća manje), a 44 nesreće s poginulim (18,5 % manje u odnosu na 2013. godinu).

Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodilo se 1.596 prometnih nesreća ili 18,6 % svih nesreća, u kojima je poginula 21 osoba, a 1.067 je ozlijeđeno (2013. godine – 1.925 nesreća, 20 poginulih i 1.197 ozlijeđenih osoba).

Najviše poginulih osoba zabilježen je u srpnju (9 osoba) a najmanje u studenom i prosincu (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u listopadu (295 osoba ili 8,7 %), a najmanje u veljači (183 osobe).

623 pješaka sudjelovao je u 593 ili u 6,9 % svih nesreća.

Od toga broja 126 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 3.71% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 1 poginula osoba od ukupno 47 poginulih osoba, što je 2.13% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.³¹

Tablica 7: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2014. godini

2014.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	8.559	323	3,77%
Ozlijeđeni	3.399	126	3,71%
Poginuli	47	1	2,13%

³¹ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2014 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015, str. 33 – 36.

U 2015. Godini je zabilježen ukupno manji broj nesreća kao i manji broj nesreća s poginulim osobama, dok je broj nesreća s ozlijeđenim osobama ostao isti. Od 8.354 prometne nesreće, 2.499 je nesreća bilo s ozlijeđenim osobama (isti broj nesreća kao i prošle godine), a 41 nesreća s poginulim (6,8 % manje nesreća u odnosu na 2014. godinu).

Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodile su se 1.563 prometne nesreće ili 18,7 % svih nesreća, u kojima je poginulo 18 osoba, a 987 je ozlijeđeno (2014. godine – 1.596 nesreća, 21 poginula i 1.067 ozlijeđenih osoba).

Najteže posljedice su zabilježene u 517 nesreća naleta na pješaka - 11 je poginulih i 491 ozlijeđena osoba; u 830 nesreća sudara vozila iz suprotnih smjerova, poginulo je 10 osoba, a ozlijeđeno 456 osoba; u 883 nesreće slijetanja vozila s ceste poginulo je 6 osoba, a ozlijeđeno 440 osoba (2014. godine - 531 nesreća naleta na pješaka, 17 poginulih i 507 ozlijeđenih osoba; 748 nesreća sudara vozila iz suprotnih smjerova, 6 poginulih i 446 ozlijeđenih, te 789 nesreća slijetanja vozila s ceste, 13 poginulih i 410 ozlijeđenih).

Najviše poginulih osoba bilježimo u studenom (7 osoba) a najmanje u veljači i lipnju (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u rujnu (310 osoba ili 9,1 % od ukupnog broja ozlijeđenih), a najmanje u siječnju (200 osoba).

Među nastradalim osobama najviše je vozača.

Od toga broja 132 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 3.86% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 1 poginula osoba od ukupno 44 poginulih osoba, što je 2.27% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.³²

Tablica 8: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2015. godini

2015.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	8.354	337	4,03%
Ozlijeđeni	3.423	132	3,86%
Poginuli	44	1	2,27%

³² Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2015, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015, str. 36 – 39.

U 2016. godini zabilježen je ukupno manji broj nesreća u odnosu na prošlu godinu, manji broj nesreća s ozlijeđenim osobama, ali je veći broj nesreća s poginulim osobama. Od 7.963 prometnih nesreća, 2.341 je nesreća bila s ozlijeđenim osobama (6,3 % manje nesreća), a 49 nesreća s poginulim (19,5 % više nesreća u odnosu na 2015. godinu).

Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodile su se 1.433 prometnih nesreće ili 18,0 % svih nesreća, u kojima je poginulo 25 osoba, a 985 je ozlijeđeno (2015. godine – 1.563 nesreće, 18 poginulih i 987 ozlijeđenih osoba).

Među nastradalim osobama najviše je vozača.

Najviše poginulih osoba zabilježen je u kolovozu i listopadu (po 10 osoba) a najmanje u studenom i prosincu. Najviše ozlijeđenih bilo je u prosincu (316 osoba ili 9,9 % od ukupnog broja ozlijeđenih), a najmanje u siječnju (191 osoba).

Od toga broja 136 prometnih nesreća je bilo sa ozlijeđenim osobama, što je 4.28% od ukupnog broja ozlijeđenih na području Policijske uprave zagrebačke i 7 poginulih od ukupno 58 poginulih osoba, što je 12.07% od ukupnog broja poginulih na području Policijske uprave zagrebačke.³³

Tablica 9: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2016. godini

2016.	PU Zagrebačka	PP Samobor	Udio PP Samobor (%)
Ukupno	7.963	329	4,13%
Ozlijeđeni	3.180	136	4,28%
Poginuli	58	7	12,07%

³³ Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2016, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2017, str. 35 – 38.

Tablica 10: Odnos ozlijeđenih u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine

OZLIJEĐENI		
Godina	PU Zagrebačka	PP Samobor
2010	4.031	178
2011	4.110	207
2012	3.770	125
2013	3.559	131
2014	3.399	126
2015	3.423	132
2016	3.180	136

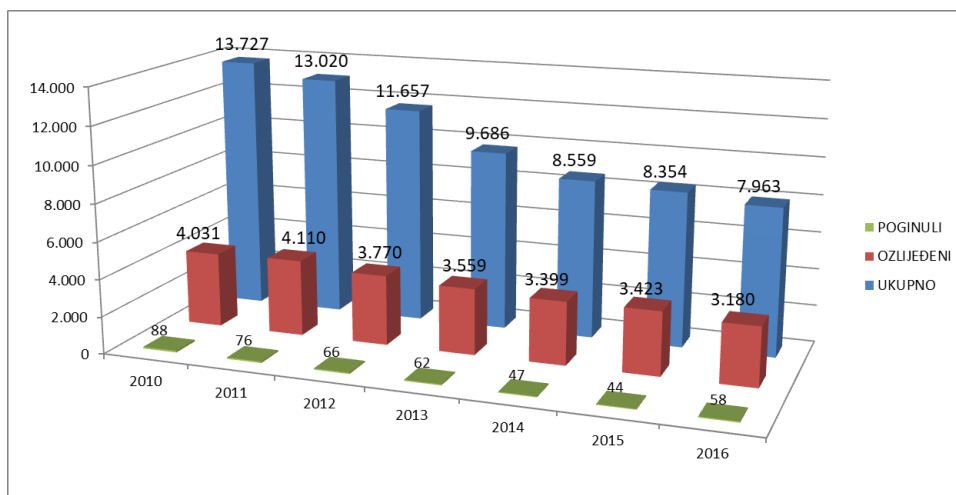
Iz tablice 10 je vidljivo da se broj ozlijeđenih smanjuje na području Policijske uprave zagrebačke, dok je na području Samobora znatno smanjenje broja ozlijeđenih između 2011 i 2012 godine, a nakon toga se broj ozlijeđenih ne mijenja do 2016. godine.

Tablica 11: Odnos poginulih u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine

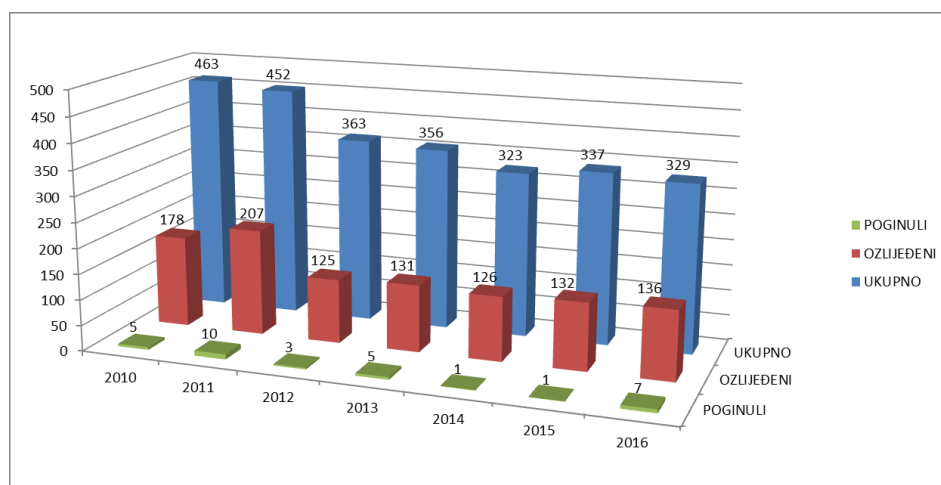
POGINULI		
Godina	PU Zagrebačka	PP Samobor
2010	88	5
2011	76	10
2012	66	3
2013	62	5
2014	47	1
2015	44	1
2016	58	7

Iz tablice 11 je vidljivo da se broj poginulih smanjuje u posljednjih 6 godina na području Policijske uprave zagrebačke. Na području Samobora broj poginulih je znatno smanjen u 2012 godini, dok se u zadnjoj godini ponovo vidi značajan porast broja poginulih osoba u prometnim nesrećama.

Rezultati analize su prikazani u grafikonima 1 i 2.



Grafikon 1: Odnos prometnih nesreća i njihovih posljedica od 2010. – 2016. godine na području Policijske uprave zagrebačke



Grafikon 2: Odnos prometnih nesreća i njihovih posljedica od 2010. – 2016. godine na području policijske postaje Samobor

5 ANALIZA NAČINA RADA SEMAFORSKIH UREĐAJA BEZ BROJAČA VREMENA

Semaforški uređaji koji se upotrebljavaju za upravljanje prometom u Republici Hrvatskoj razlikuju se prema značajkama i sustavima upravljanja, a to su semaforški uređaj sa prometno ovisnim upravljanjem i semaforški uređaj sa prometno neovisnim upravljanjem.

Prometno ovisno upravljanje podrazumijeva upotrebu senzora na prometnicama, snimanje užeg i šireg područja raskrižja. Na temelju dobivenih podataka o stanju u prometu na makro i mikro lokaciji, mijenja se signalni plan. Promjenom signalnog plana semaforskog uređaja postiže se veća razina usluge pojedinog raskrižja ili dijela dionice ceste.

5.1 OSNOVNI ELEMENTI SEMAFORSKIH SUSTAVA

Semaforški uređaji prema svojim tehničko-tehnološkim sustavima sastoje se od elemenata i sustava s kojima se određuje razina usluge raskrižja. Prilikom odabira semaforških sustava potrebno je uvažavati slijedeće prometne elemente:

- Stupanj zasićenja
- Zasićeni tok
- Gustoća

Stupanj zasićenja odnos je veličine prometnog toka prema optimalnoj propusnoj moći.

Propusna moć je maksimalna veličina prometnog toka koji može prijeći prometnu površinu u određenom vremenu uz zadane tehnološke čimbenike.

Zasićeni tok je maksimalna veličina prometnog toka koji može prijeći prometnu površinu u određenom vremenu uz optimalne tehnološke čimbenike.

Gustoća je količina vozila ili putnika koji zauzimaju određenu dionicu (iskazana u prometnim jedinicama po duljini dionice).

Visoka razina usluge i sigurnost pojedinog semaforiziranog raskrižja ovisi o kvalitetnom proračunu signalnog plana.

Signalni plan je pregled trajanja svjetlosnih signalnih pojmova.

Ciklus je trajanje jednostrukog isteka signalnog plana.

Signalni pojam - svjetlosni pojam: crveno, žuto, zeleno, crveno i žuto, treptajuće žuto.

Faza je dio ciklusa u kojem pojedini prometni tokovi imaju istovremeno slobodan prolaz.

Zaštitno međuvrijeme je vrijeme između dvije konfliktne signalne skupine koje slijede uzastopno.

Efektivno zeleno vrijeme je trajanje zelenog vremena signalne grupe V, dopunske strelice VL, tramvajske i biciklističke grupe uvećano za 1 sekundu. Efektivno zeleno vrijeme pješачke signalne grupe identično je trajanju stvarnog zelenog vremena pješачke signalne grupe P (slika 13).

Unutar efektivnog zelenog vremena dopušteno je kretanje kroz raskrižje i zato se uzima za proračun signalnog plana.

Minimalna duljina ciklusa je zbroj zaštitnih i minimalnih zelenih vremena.

Preporučeno maksimalno trajanje ciklusa iznosi 120 sekundi, više samo u iznimnim slučajevima.

U slučaju prometno ovisnog upravljanja, duljina ciklusa, broj i razdioba faza mogu biti promjenjivi u realnom vremenu, ovisno o prometnoj situaciji.

Razina usluge ovisi o vremenu čekanja, ukupnom vremenu čekanja i izgubljenom vremenu.

Vrijeme čekanja je vrijeme u kojem sudionik u prometu miruje u prometu.

Ukupno vrijeme čekanja je vrijeme u kojem prometni tok miruje u prometnom procesu

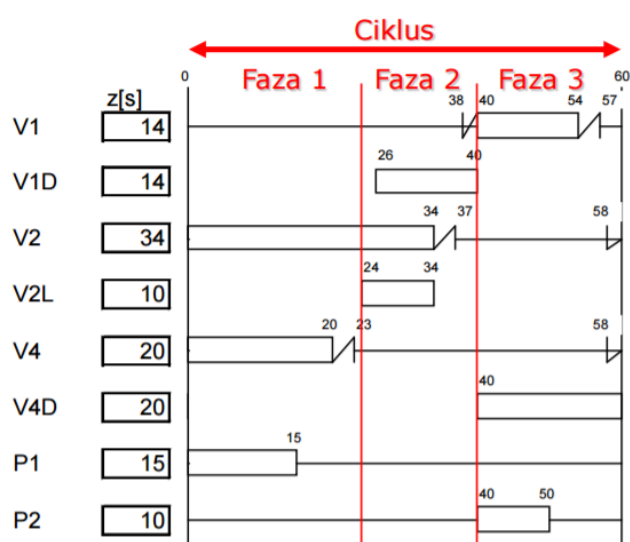
Izgubljeno vrijeme - vrijeme koje nastaje uslijed svih oblika zapreke kretanja.

FVS – Faktor vršnog sata je omjer izmjerenog prometnog toka u sat vremena i najvećeg izmjerenog prometnog toka u 15 minutnim intervalima pomnoženog sa 4. Faktor vršnog sata pokazuje zauzetost prometnice i važan je element za procjenu kapaciteta.

Faktor vršnog sata ovisi o slijedećim veličinama:

Interval slijeđenja - vrijeme između dva slijedna vozila koja prolaze isti presjek na cesti, mjereno od iste točke oba vozila (prednji odbojnik vozila).

Razmak slijeđenja - udaljenost između dva slijedna vozila koja prolaze isti presjek na cesti, mjereno od iste točke oba vozila (prednji odbojnik vozila).



Slika 13: Prikaz ciklusa i rasporeda faza na semaforiziranom raskrižju

Izvor: Lanović, Z.; Autorizirana predavanja, Signalni plan, Fakultet prometnih znanosti, 2016, str 2.

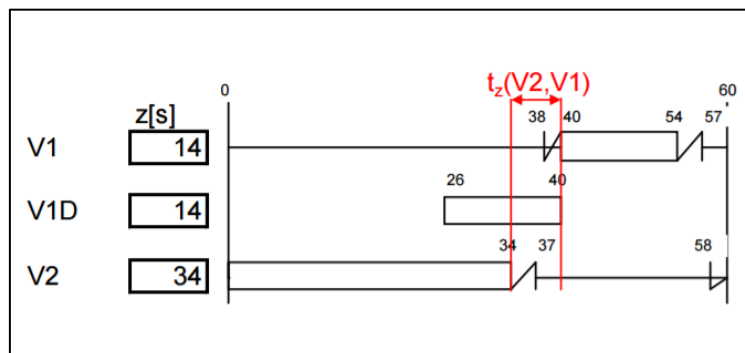
5.2 SIGNALNI POJAM

Prema zakonskim uvjetima propisano je da na raskrižju i na drugom mjestu na kojem se upravlja prometom uređajima za davanje znakova prometnim svjetlima (semaforima ili drugim uređajima), prometna svjetla za sudionike u prometu znače:

- a) Crveno svjetlo – zabranu prolaska,
- b) Zeleno svjetlo – slobodan prolazak,
- c) Žuto svjetlo – upaljeno samostalno, znači da vozilo ne smije prijeći crtu zaustavljanja niti smije ući u raskrižje, ako se u trenutku kad se žuto svjetlo pojavi, nalazi na takvoj udaljenosti od prometnog svjetla da se može na siguran način zaustaviti.
- d) Žuto svjetlo upaljeno istovremeno s crvenim svjetlom označava skoriju promjenu svjetla i pojavu zelenog svjetla, ali ne mijenja zabranu prolaska koja je dana crvenim svjetlom.
- e) Žuto treptavo svjetlo obvezuje sve sudionike u prometu da se kreću uz povećani oprez.
- f) Zeleno treptavo svjetlo služi za upozorenje sudionika u prometu na skoriji prestanak slobodnog prolaska i na pojavu žutoga, odnosno crvenog svjetla.

5.3 ZAŠTITNO MEĐUVRIJEME

Zaštitno međuvrijeme je vrijeme između dvije konfliktne signalne grupe koje slijede uzastopno i u kojem je vozilima konfliktnih signalnih grupa zabranjeno kretanje.



Slika 14: Prikaz zaštitnog međuvremena u ciklusu

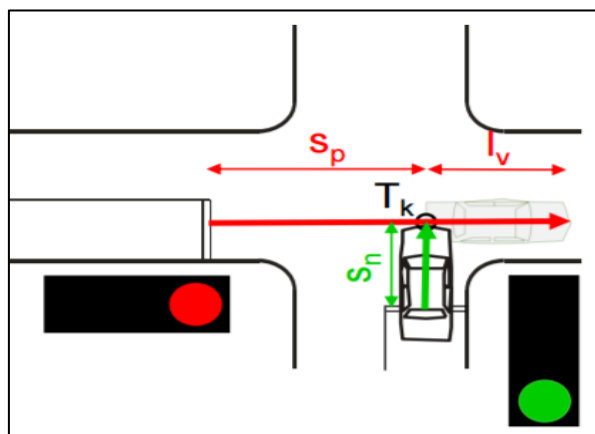
Izvor: Lanović, Z.; Autorizirana predavanja, Signalni plan, Fakultet prometnih znanosti, 2016, str 7.

Zaštitno međuvrijeme se dobije proračunom uzimajući u obzir tri veličine:

Provozno vrijeme t_K - vrijeme od trenutka kraja zelenog svjetla do početka vremena pražnjenja (ulazak u raskrižje tijekom žutog i/ili na početku crvenog signalnog pojma).

Vrijeme pražnjenja t_P - vrijeme potrebno da vozilo prođe točku kolizije (T_K) brzinom pražnjenja (v_P). Točka kolizije je zamišljena točka u raskrižju gdje se križaju putanje sudionika koji prolaze kroz raskrižje.

Vrijeme naleta t_N - vrijeme potrebno da sudionik kojem se upali zeleno svjetlo prođe put naleta (s_N) brzinom naleta (v_N).



Slika 15: Prikaz mjera u raskrižju potrebnih za izračun zaštitnih međuvremena

Izvor: Izvor: Lanović, Z.; Autorizirana predavanja, Signalni plan, Fakultet prometnih znanosti, 2016, str 8.

$$t_Z = t_K + t_P - t_N = t_K + \frac{S_P + l_V}{V_P} - \frac{S_N}{V_N}$$

t_Z – zaštitno međuvrijeme

t_K – vrijeme od trenutka kraja zelenog signalnog pojma do početka vremena pražnjenja

t_P – vrijeme od trenutka ulaska vozila u raskrižje, do trenutka prolaska stražnjeg dijela vozila

kroz konfliktnu točku brzinom pražnjenja; $t_P = \frac{S_P + l_V}{V_P}$

t_N – vrijeme koje je potrebno vozilu konfliktne signalne grupe da brzinom naleta prednjim

branikom dođe do konfliktne točke od početka zelenog signalnog pojma; $t_N = \frac{S_N}{V_N}$

Prijelazna vremena su vremena trajanja žutog i crveno-žutog signalnog pojma.

Trajanje crveno-žutog signalnog pojma iznosi 2 sekunde.

Trajanje žutog signalnog pojma ovisi o dozvoljenim prilaznim brzinama raskrižju:

Za $V_{doz} = 50$ km/h trajanje žutog iznosi 3 sekunde

Za $V_{doz} = 60$ km/h trajanje žutog iznosi 4 sekunde

Za $V_{doz} = 70$ km/h trajanje žutog iznosi 5 sekundi

Za $V_{doz} > 70$ km/h trajanje žutog ovisi o vremenu zaustavljanja vozila pri forsiranom kočenju

5.3.1 Pražnjenje vozila

Vrijeme pražnjenja je vrijeme koje je potrebno da vozilo prođe put pražnjenja brzinom pražnjenja. Put pražnjenja je udaljenost od zaustavne linije do točke kolizije i duljine vozila. Razlikuje se šest proračuna za pražnjenje vozila ovisno o prometnoj situaciji, a to su:

- pražnjenje vozila koja idu ravno
- Pražnjenje vozila koja skreću
- Pražnjenje vozila javnog gradskog prijevoza koja ne moraju obavezno stati
- Pražnjenje vozila javnog gradskog prijevoza koja moraju stati zbog ulaza i izlaza putnika
- Pražnjenje biciklista
- Pražnjenje pješaka

a) Proračun pražnjenja vozila koja idu ravno:

Prolazno vrijeme – uzima se $t_K = 3$ s

Brzina pražnjenja – uzima se $V_P = 10$ m/s

Osnovni put pražnjenja se dobije mjerenjem i ovisi o dimenzijama raskrižja

Duljina vozila standardno se uzima $l_V = 6$ m

$$t_K + t_P = 3 + \frac{S_P + 6}{10}$$

b) Proračun pražnjenja vozila koja skreću:

Prolazno vrijeme – uzima se $t_K = 2$ s

Brzina pražnjenja – uzima se $V_P = 7$ m/s ili 5 m/s za radijus skretanja $R < 10$ m

Osnovni put pražnjenja – mjerenjem

Duljina vozila - $l_V = 6$ m

$$t_K + t_P = 2 + \frac{S_P + 6}{7 \text{ (5 za } R < 10 \text{ m)}}$$

c) Proračun pražnjenja vozila javnog prijevoza putnika koja ne moraju obavezno stati:

Slučaj kada vozila javnog prijevoza ne moraju obavezno stati u zoni raskrižja zbog stajališta, vrijeme pražnjenja se računa tako da se uzima u obzir maksimalna brzina kretanja.

Prolazno vrijeme:	$t_K = 3 \text{ s}$;	$V_{\max} \leq 30 \text{ km/h}$
	$t_K = 5 \text{ s}$	$30 \text{ km/h} < V_{\max} \leq 50 \text{ km/h}$
	$t_K = 7 \text{ s}$	$50 \text{ km/h} < V_{\max} \leq 70 \text{ km/h}$

Brzina pražnjenja: $V_P = V_{\max}/3,6$

Osnovni put pražnjenja: S_P - mjerenjem

Duljina vozila: $l_V = 15 \text{ m}$ za tramvaje
 $l_V = 6 \text{ m}$ za autobuse

$$t_K + t_P = t_K(V_{\max}) + 3,6 \cdot \frac{S_P + l_V}{V_{\max}}$$

d) Proračun pražnjenja vozila javnog gradskog prijevoza koja moraju obavezno stati:

Slučaj kada u zoni raskrižja prije zaustavne crte %ji stajalište. U tom slučaju vozila kreću iz stanja mirovanja i uzima se u obzir njihvo ubrzanje kako bi se moglo proračunati vrijeme pražnjenja. Za tramvaje ubrzanje je u rasponu od $0.7 - 1.2 \text{ m/s}^2$, a autobuse $1.0 - 1.5 \text{ m/s}^2$.

Prolazno vrijeme: $t_K = 0 \text{ s}$;

Ubrzanje: $a = \text{ubrzanje od } V = 0 \text{ km/h do } V_{\max} \text{ uzima se s obzirom o značajkama vozila}$

Brzina pražnjenja: $V_P = V_{\max}$

Osnovni put pražnjenja: S_P - mjerenjem

Duljina vozila: $l_V = 15 \text{ m}$ za tramvaje

$l_V = 6 \text{ m}$ za autobuse

$$t_K + t_P = \sqrt{\frac{2(S_P + l_V)}{a}} \text{ za } (S_P + l_V) \leq \frac{V_{\max}^2}{25.92 \cdot a}$$

$$t_K + t_P = \frac{V_{\max}}{3.6 \cdot a} + 3.6 \cdot \frac{S_P + l_V - \frac{V_{\max}^2}{25.92 \cdot a}}{V_{\max}} \text{ za } (S_P + l_V) > \frac{V_{\max}^2}{25.92 \cdot a}$$

5.3.2 Pražnjenje biciklista

Vrijeme pražnjenja biciklista proračunava se na slijedeći način:

Prolazno vrijeme: $t_K = 1 \text{ s}$

Brzina pražnjenja: $V_P = 4 \text{ m/s}$

Osnovni put pražnjenja: S_P - mjerenjem

Duljina vozila: $l_V = 0 \text{ m}$

$$t_K + t_P = 1 + \frac{S_P}{4}$$

5.3.3 Pražnjenje pješaka

Pješaci su, uz bicikliste, najugroženiji sudionici u prometu. Iako je u načelu proračun zaštitnih međuvremena za pješake jednostavan, mora mu se prići s naročitom pažnjom, poglavito ako raskrižje koriste specifične grupe kao što su: školska djeca do 15 godina starosti, stariji ljudi ili osobe s poteškoćama u kretanju - invalidi. Osnovno je odrediti brzinu kretanja pješaka. Dugogodišnja praksa je pokazala da se ove brzine kreću u rasponu od 1.0 m/s za malu djecu ili starije osobe do 1.5 m/s u iznimnim slučajevima. Bez obzira što se određene grupe ljudi mogu kretati vrlo sporo, ne preporučuje se za brzinu pražnjenja uzimati vrijednost manju od 1,0 m/s jer se dobivaju vrlo dugačka zaštitna vremena, što može navesti druge na nepropisno prelaženje. Preporučena vrijednost je 1.2 m/s (4.32 km/h).

Uvijek se kao put pražnjenja pješaka uzima cijela duljina pješačkog prijelaza, bez obzira što je uvijek zamišljena točka kolizije 1.5 – 2.0 m prije kraja pješačkog prijelaza. Vrlo rijetko može se napraviti izuzetak; kod velikih raskrižja gdje pješački prijelazi mogu biti vrlo dugački ($S_P > 12$ m), a točka kolizije je negdje u sredini pješačkog prijelaza (na primjer, kolizije pješaka i lijevog skretača). U tom slučaju proračunato zaštitno vrijeme može biti veliko, što će pješaci tijekom vremena uočiti i koristiti prijelaz u slučajevima kada je to zabranjeno. Tada se kao put pražnjenja može uzeti stvarni put od početka pješačkog prijelaza do točke kolizije, dodajući na proračunato zaštitno vrijeme 2 - 3 s iz sigurnosnih razloga. Ovakva rješenja je ipak poželjno izbjegavati.

Prolazno vrijeme: $t_K = 0$ s

Brzina pražnjenja: $V_P = 1.2$ m/s – brzina hoda pješaka

Osnovni put pražnjenja: S_{PP} – širina pješačkog prijelaza

$$t_K + t_P = 0 + \frac{S_{PP}}{1.2}$$

5.3.4 Vrijeme naleta

Vrijeme naleta se oduzima od zbroja provoznog vremena i vremena pražnjenja kako bi se dobip iznos minimalnog trajanja zaštitnog međuvremena. Kada se gleda motorni promet, zbog sigurnosti se pretpostavlja da prvo vozilo ulazi u raskrižje u prvoj sekundi zelenog svjetla sa najvećom dozvoljenom brzinom naleta. Zbog toga se za pojedina vozila prilikom proračuna uzimaju sljedeće vrijednosti:

Osobna vozila: $V_N = 40 \text{ km/h} = 11.11 \text{ m/s}$

Vozila javnog prijevoza koja se ne moraju obavezno zaustaviti ispred zaustavne crte:

$V_N = 20 \text{ km/h} = 5.55 \text{ m/s}$

Biciklistički promet: $V_N = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$

Pješачki promet: $V_N = 5,4 \text{ km/h} = 1.5 \text{ m/s}$

Put naleta S_N dobije se mjerenjem.

Ako se pješачki prijelaz ili biciklistička staza nalaze u blizini zaustavne crte, za vrijeme naleta uzima se $t_N = 0 \text{ s}$

Ako vozila javnog prijevoza moraju obavezno stati na raskrižju vrijeme naleta računa se prema formuli:

$$t_N = \sqrt{\frac{2 \cdot S_N}{a}} \quad \text{ako je } t_N \leq \frac{V_{\max}}{3.6 \cdot a}$$

5.4 ISPITIVANJE ZAŠTITNIH MEĐUVREMENA

Pravilno određena zaštitna međuvremena su osnovni preduvjet sigurnog odvijanja prometa i najvažniji preduvjet kvalitetnog rada semafora.

Nakon puštanja semafora u rad, svakako je potrebno pratiti njegov rad. Dok se kvaliteta rada signalnog programa može pratiti pomoću senzora, provjera zaštitnih međuvremena može se provesti jedino neposrednim promatranjem ili video nadzorom prometnih procesa na raskrižju. U nekim slučajevima će se pokazati da je zaštitno vrijeme nedostavno, iako je proračun u potpunosti ispravno proveden. Na primjer, teška teretna vozila ili autobusi u slučaju vrlo malog polumjera skretanja napuštati će raskrižje puno manjom brzinom od predviđene u proračunu. Čest razlog je i loše stanje kolnika pa vozila ne mogu postići predviđenu brzinu pražnjenja. Mnogi potencijalni razlozi mogu se uočiti i prije semaforizacije, tj. provedbe proračuna zaštitnih međuvremena. Međutim, kako se semaforizacijom uspostavljaju novi odnosi i dinamički procesi na raskrižju, ne mogu se predvidjeti svi događaji i svakako je potrebno promatrati raskrižje nakon puštanja u rad. Najčešće korekcije provode se kod lijevih skretača ili vozila javnog gradskog prometa.

Suprotan slučaj je kod predugih zaštitnih međuvremena. Sudionici u prometu će tijekom vremena uočiti moguću vremensku pričuvu i početi je iskorištavati za, najčešće, zabranjene ulaske u raskrižje. Iako se ovo, ako je dobro proveden postupak proračuna, događa vrlo rijetko, potrebno je prilikom promatranja raskrižja pripaziti i na ovaj slučaj. Kod ovog slučaja uzrok je najčešće nepravilan postupak proračuna zaštitnog vremena.³⁴

		N A L E T							
P R A Ž N J E N J E		V1	V1D	V2	V2L	V4	V4D	P1	P2
	V1			6	4	6		4	
	V1D					4		4	
	V2	6					4		4
	V2L	6				4	4	5	4
	V4	6	6		4				6
	V4D			4	4				
	P1	10	10		8				
	P2			10	10	7			

Slika 16: Matrica zaštitnih međuvremena

Izvor: Izvor: Lanović, Z.; Autorizirana predavanja, Signalni plan, Fakultet prometnih znanosti, 2016, str 17.

³⁴ Lanović, Z.; Naputak za izračuna zaštitnih međuvremena na semaforiziranom raskrižju, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016, str. 6

6 KOMPARATIVNA ANALIZA NAČINA RADA SEMAFORSKIH UREĐAJA I BROJAČA VREMENA

U Republici Hrvatskoj u novije vrijeme započelo se sa primjenom brojača vremena na semaforskim uređajima. Iako njihova primjena nije raširena, prema pojedinim znanstvenim istraživanjima nije dokazan niti pozitivan niti negativan utjecaj na protočnost i sigurnost motornog i pješačkog prometa zbog različitih rezultata. To je dovelo do zaključka da primjenu brojača vremena treba gledati u širem kontekstu prometno-tehnoloških, socioloških, društvenih i kulturoloških značajki. To bi ukratko značilo da brojači vremena imaju drugačiji utjecaj na prometni sustav ovisno o značajkama raskrižja na kojima su postavljeni i mentalitetu sudionika u prometu toga područja. Stoga će se u ovom poglavlju opisati način rada bojača vremena, prednosti i nedostaci, rezultati i zaključci prethodnih istraživanja.

6.1 NAČINA RADA I PRIMJENA

Brojač vremena je uređaj koji odbrojava trajanje crvenog i zelenog svjetla na semaforskom uređaju. Brojač radi neovisno o semaforskom uređaju stoga ga se prije puštanja u rad mora sinkronizirati sa promjenama faza. To je razlog zašto brojač nije primjenjiv na raskrižjima koja funkcioniraju na principu promjena trajanja faza u skladu sa prometnim uvjetima na cesti. Brojač se sastoji od kućišta koje je pričvršćeno na stup semaforskog uređaja. Sa prednje strane se nalazi ekran koji pokazuje odbrojavanje preostalog vremena do promjene signalnog pojma. Brojač je žicama spojen serijski sa kućištem semaforskog uređaja tako da prilikom prestanka rada lanterni, brojač vremena također prestaje pokazivati vrijeme. Brojač vremena se postavlja na raskrižjima koja su prometno neovisno upravljana semaforskim uređajima (iznimka je prometno-polu ovisno upravljanje, ali ako su samo dvije faze). Najčešće dvije vrste su brojači za vozila i brojači za pješake. Pretpostavka je da bi brojači za vozila trebali poboljšati protočnost i sigurnost prometa na raskrižju u obliku poboljšanja ranijeg starta vozača prilikom paljenja zelene vozačke signalne grupe. Također je pretpostavka da bi odbrojavanje crvene vozačke signalne grupe smanjilo stres i nervozu jer bi vozači znali kada će točno moći krenuti sa zaustavne linije. Slična je situacijama kod brojača za pješačke signalne grupe. Odbrojavanje trajanja crvenog signalnog pojma smanjilo bi stres i

nervozu, a odbroјavanje zelenog signalnog pojma smanjilo bi zakašnjela stupanja pješaka na kolnik prilikom prelaska na pješačkom prijelazu.



Slika 17: Brojač vremena na semaforskom uređaju u Jakarti

Izvor: <http://al-terity.blogspot.hr/2015/08/on-signal-countdown-timers.html>

6.2 PREDNOSTI

- Vozači vide kada će doći do promjene signalnog pojma i mogu se pripremiti za kretanje kada stoje na raskrižju što uvelike može smanjiti gubitke prilikom kretanja vozila i povećati protočnost.
- Prilikom prilaznja raskrižju vozači vide koliko im je još ostalo do pojave žutog pa stoga mogu reagirati u skladu sa tom informacijom. Pretpostavka je da će u većini slučajeva vozači ubrzati kako bi prošli kroz raskrižje što također može doprinijeti povećanju protočnosti.
- Vozač može ugasiiti motor dok čeka na raskrižju što smanjuje emisiju štetnih plinova i štedi energiju.
- Smanjenje stresa kod vozača i pješaka kod čekanja na raskrižju, pogotovo kod dugačkih faza.
- Smanjenje broja pješaka koji pretrčavaju kolnik u nedozvoljenom vremenu.

6.3 NEDOSTACI

- Neki vozači koji vide da će se dogoditi promjena signalnog pojma ubrzavaju vozilo u nadi da prođu raskrižjem, dok sa druge pak strane postoje vozači koji se neće htjeti izlagati opasnosti i početi će usporavati dok je na semaforskom uređaju još uvijek zeleno svjetlo. Zbog toga može doći do sudara dvaju vozila. Takve situacije smanjuju sigurnost na raskrižju.
- Prijevremeno kretanje vozača sa zaustavne linije. Posljedica toga je ulazak vozila u raskrižje u trajanju zaštitnog međuvremena kolizijske vozačke grupe što može dovesti do sudara dvaju vozila.
- Slična situacija kako je prethodno navedeno može dovesti i do naleta vozila, koje je drugo po redu u repu čekanja, na vozilo koje se nalazi ispred. Vozač koji vidi da će doći do promjene signalnog pojma može krenuti ranije, što bi neizbježno dovelo do sudara i smanjenja sigurnosti na raskrižju.
- U Republici Hrvatskoj ne postoji zakonska regulativa koja bi regulirala rad brojača na semaforskim uređajima. Brojači nemaju nikakvo pravno značenje i ne spadaju u prometnu opremu i signalizaciju. To može dovesti do pravnih nesuglasica u slučaju prometne nesreće.
- Prilikom čekanja na raskrižju kod dugih trajanja crvenog signalnog pojma, pješaci mogu postati nervozni i prijevremeno krenuti prelaziti kolnik u zadnjim sekundama promjene faze, što može dovesti do naleta vozila na te pješake, posebno onih vozila koja skreću desno i pješaci ih ne očekuju ili ih ne mogu uočiti na vrijeme.
- Pješaci koji su udaljeniji od pješačkog prijelaza, kada uoče da se odbrojanje zelenog primiče kraju, mogu početi trčati kako bi stigli prijeći kolnik na vrijeme i ne bi morali čekati iduću fazu. To može dovesti do naleta pješaka na druge pješake i dovođenje u opasnost ostale sudionike u prometu, pogotovo u područjima gdje je pješački promet izrazito velikog intenziteta.
- Nemogućnost primjene na raskrižjima koja su upravljana semaforskim uređajima ovisno ili polu-ovisno o prometnim uvjetima.

6.4 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Do sad su provedena neka istraživanja o utjecaju brojača vremena na vozače i pješake, a jedno od njih je obavljeno u Grčkoj.

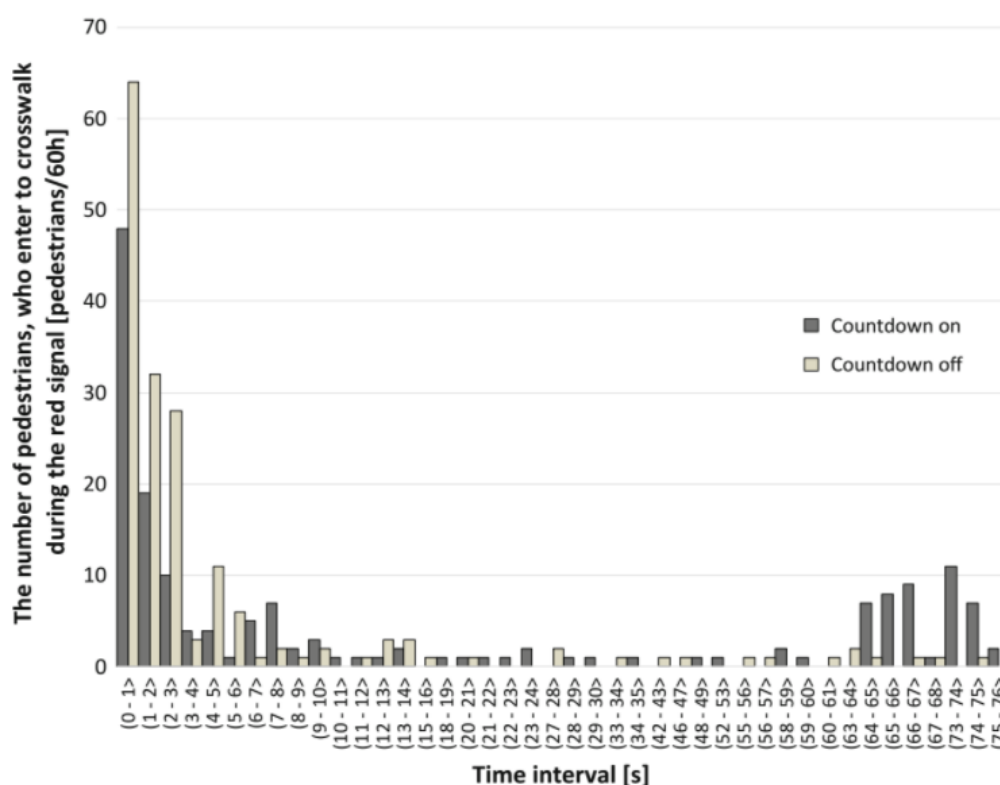
Cilj istraživanja bio je utvrđivanje kako brojači utječu na ponašanje vozača na raskrižjima. Rezultati istraživanja su pokazali da se postotak vozača koji kreće ranije ili na vrijeme, povećao. Također se pokazalo da je najveći postotak motociklista startao ranije (54%), zatim slijede teška teretna vozila sa 38%, a tek onda osobna vozila (20%) i laka teretna vozila. Istraživanje je također pokazalo da vozači koji su sami na raskrižju imaju tendenciju kasnijeg kretanja nego vozači iza kojih se nalazi još vozila. Također, 24% vozača je krenulo ranije sa zaustavne linije na raskrižju sa postavljenim brojačem vremena, dok je na raskrižju bez brojača, ranije krenulo samo 0,3% vozača. Što se zaustavljanja kod isteka zelene faze tiče, situacija u pogledu sigurnosti je pokazala da se vozači na raskrižju sa postavljenim brojačima zaustavljaju u 92% slučajeva, dok taj postotak pada na 76% u slučajevima kada brojač vremena nije postavljen. Još jedna zanimljivost je uočena kod istraživanja. Kod vozača koji odluče proći raskrižjem pri isteku zelene faze uočena su različita ponašanja kod postavljenih brojača i bez postavljenih brojača:

	Brojači	Bez brojača
Bez promjene brzine u žutom signalnom pojmu	50,8%	50,7%
Ubrzanje u žutom signalnom pojmu	34,1%	2,9%
Bez promjene brzine u crvenom signalnom pojmu	12,7%	43,8%
Ubrzanje u crvenom signalnom pojmu	2,4%	2,5%

Zaključak istraživanja je pokazao da bi svrha postavljanja brojača trebala biti da poveća sigurnost i protočnost raskrižja, što je nemoguće ostvariti u realnim uvjetima budući da je pretpostavka za to da vozači u potpunosti usklade ponašanje na cesti sa informacijama koje dobiju sa brojača na semaforskim uređajima. Zbog tog razloga, brojači mogu stvoriti suprotan efekt od očekivanog. Rezultati mogu biti smanjenje sigurnosti i veći broj nesreća.³⁵

³⁵ Preliminary impact analysis of countdown signal timer installations at two intersections in Greece, 2014 International Symposium on Safety Science and Technology, Procedia Engineering 84 (2014), str. 634 – 647

Drugo istraživanje je provedeno na ponašanju pješaka u Poljskoj. Rezultati su pokazali da je kod postavljenih brojača manji postotak pješaka krenuo prelaziti preko kolnika u prve 3 sekunde crvenog signalnog pojma, a situacija je bila sasvim obrnuta neposredno prije paljenja zelenog signalnog pojma za pješačku grupu. Naime veći postotak pješaka je počeo prelaziti dok je trajao crveni signalni pojam u situaciji kada je na raskrižju bio postavljen brojač vremena. Zaključak je taj da se sa brojačima poboljšala sigurnost pješaka na početku crvene pješačke faze, a smanjila na kraju.³⁶

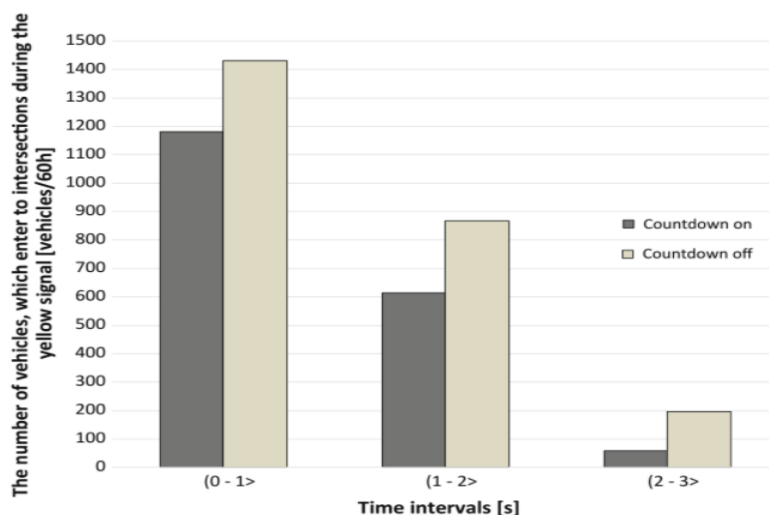


Grafikon 3: Broj pješaka koji prelaze kolnik kada je upaljen crveni signalni pojam

Izvor: Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016, str. 17

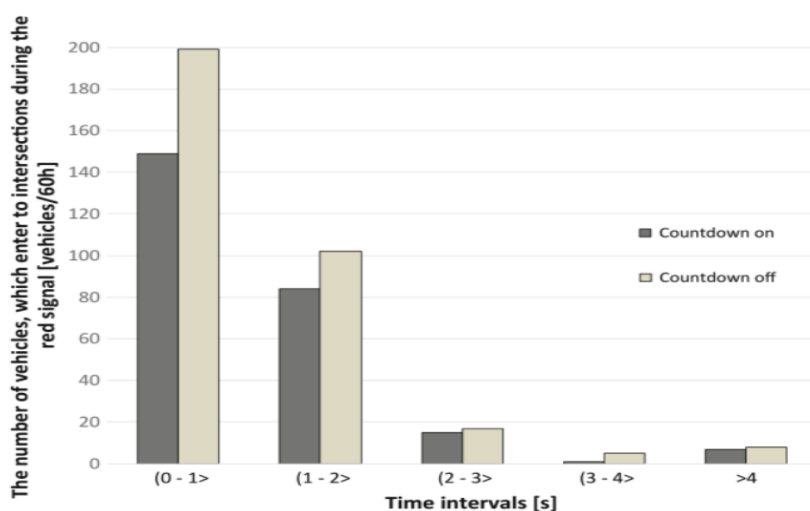
³⁶ Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016, str. 17

Ista studija je pokazala ponašanje vozača na raskrižju sa uključenim i bez uključenih brojača. Rezultati su pokazali da je manji postotak vozila prošlo kroz raskrižje prilikom upaljenog žutog signalnog pojma kada su brojači bili uključeni. Isti rezultati su dobiveni za vozila koja su prošla raskrižjem nakon što se upalio crveni signalni pojam. Zaključak je da se na tom raskrižju povećala sigurnost kada su brojači bili uključeni.³⁷



Grafikon 4: Broj vozača koji prođu kroz raskrižje dok je upaljen žuti signalni pojam

Izvor: Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016, str. 17



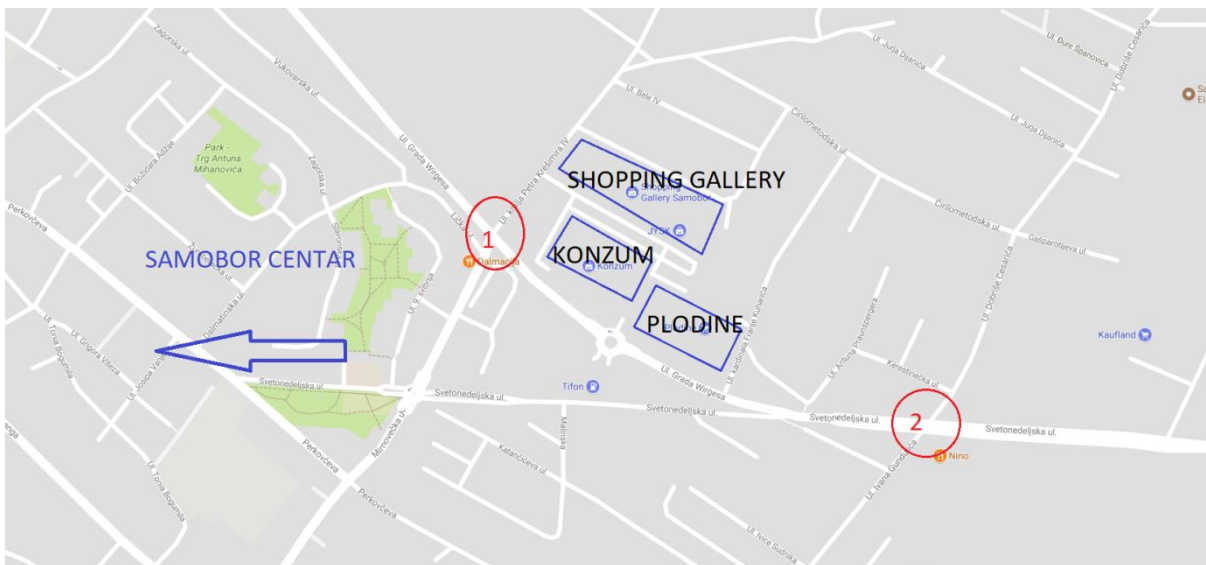
Grafikon 5: Broj vozila koji prođu kroz raskrižje dok je upaljen crveni signalni pojam

Izvor: Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016, str. 17

³⁷ Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016, str. 18-19

7

U cilju analize utjecaja brojača vremena na semaforskim uređajima za potrebe ovog diplomskog rada obavljeno je mjerenje u gradu Samoboru. Mjerenje je obavljeno na dva susjedna raskrižja. To je napravljeno zbog nemogućnosti isključivanja brojača na semaforskim uređajima, pa je zbog toga uzeto susjedno raskrižje sličnih značajki. Na raskrižjima su obavljena mjerenja protočnosti i brzina u smjeru sjever – jug. Prvo raskrižje je Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV (Lokacija 1), a drugo raskrižje prema jugu od prvog raskrižja je Svetonedeljska ulica, Ulica Dobriše Cesarića, i Ulica Ivana Gundulića (Lokacija 2). Na lokacijama su obavljene 2 vrsta mjerenja: mjerenje brzina i mjerenje vremena kretanja vozila sa zaustavne linije.



Slika 18: Lokacije dvaju promatranih raskrižja

Mjerenje brzina je obavljeno dana 01.09.2017. godine od 07:30 do 10:30 sati. Mjerenje kretanja vozila sa zaustavne linije obavljena su dana 07.09. 2017. godine od 07:30 do 09:30 sati.



Slika 19: TruCAM Laser Speed Gun kojim su obavljena mjerenja brzina

Mjerenje brzina je obavljeno sa TruCAM Laser Speed Gun uređajem. Uređaj ima ugrađen laser i visoko rezolutnu kameru. Dizajniran je za potrebe prometne policije kako bi se što lakše omogućilo detektiranje prometnih prekršitelja. Kamera može prepoznati dolazne i odlazne brzine vozila pomoću ugrađenog lasera. Brzine se automatski spremaju na memorijsku karticu zajedno sa pripadajućim videom. Kamera je također u mogućnosti zabilježiti interval slijeđenja između vozila. Podaci se kasnije mogu lako obraditi na računalu u programu TruCAM Viewer.



Slika 20: Pogled sa lokacije 1 na promatrano raskrižje



Slika 21: Snimanje brzina na lokaciji 1



Slika 22: Pogled sa lokacije 2 na promatrano raskrižje



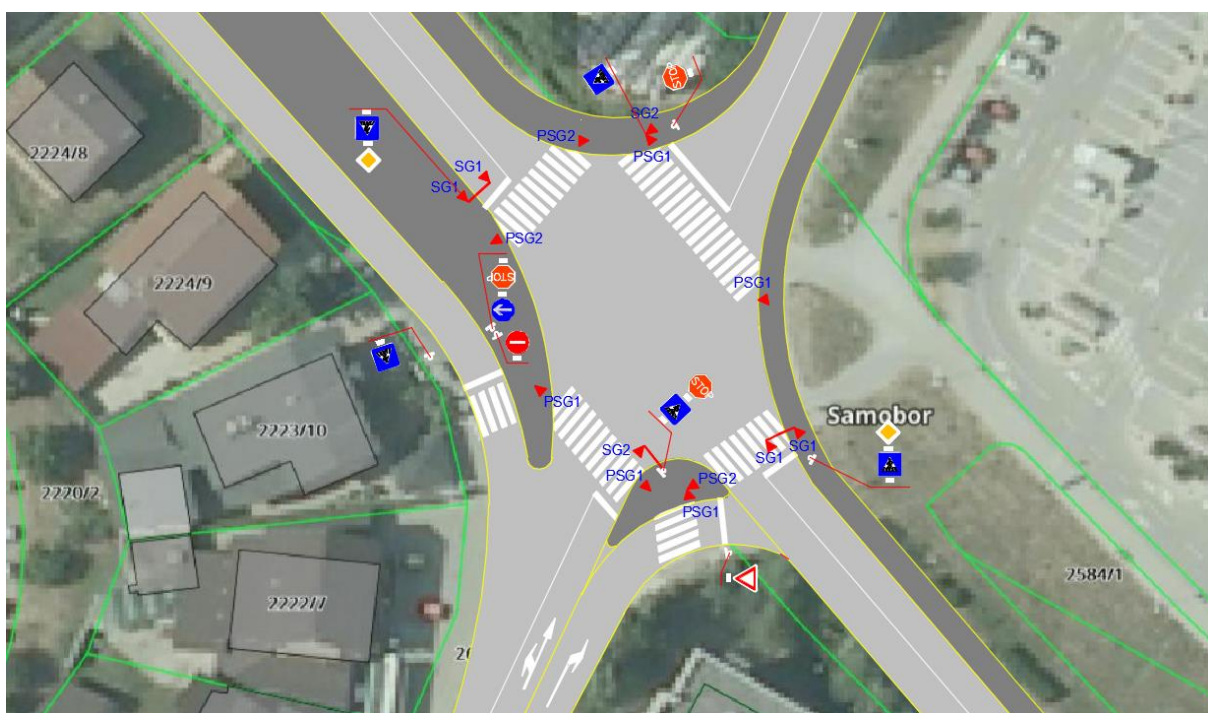
Slika 23: Snimanje brzina na lokaciji 2

Mjerenje protočnosti je obavljeno običnim brojanjem vozila koja u određenom vremenskom periodu prođu kroz raskrižje, na način da je izbrojen broj vozila koji prođu kroz raskrižje u svakoj fazi na semaforskom uređaju. Ukupan protok se dobio zbrojem broja vozila koja prođu raskrižjem tijekom svih faza i ciklusa u sat vremena. Brojanje vremena kretanja vozila je obavljeno štopericom. Mjerilo se koliko je vozaču vremena potrebno da od stanja mirovanja sa stražnjim dijelom vozila prođe zaustavnu liniju od trenutka kada se na semaforskom uređaju upali zeleno svjetlo. Mjerenje je obavljeno na 10 vozila za prva vozila na zaustavnoj crti i peto vozilo u repu čekanja. Postupak je ponovljen na obje lokacije.

7.1 RASKRIŽJE ULICE GRADA WIRGESA I ULICE KRALJA PETRA KREŠIMIRA IV SA POSTAVLJENIM BROJAČIMA NA SEMAFORSKIM UREĐAJIMA

U skladu sa postavljenom hipotezom diplomskog rada obavljena je analiza prometno oblikovnih elemenata četverokrakog raskrižja u razini i utjecaj na protočnost i sigurnost prometa na raskrižju sa i bez brojača vremena na semaforima.

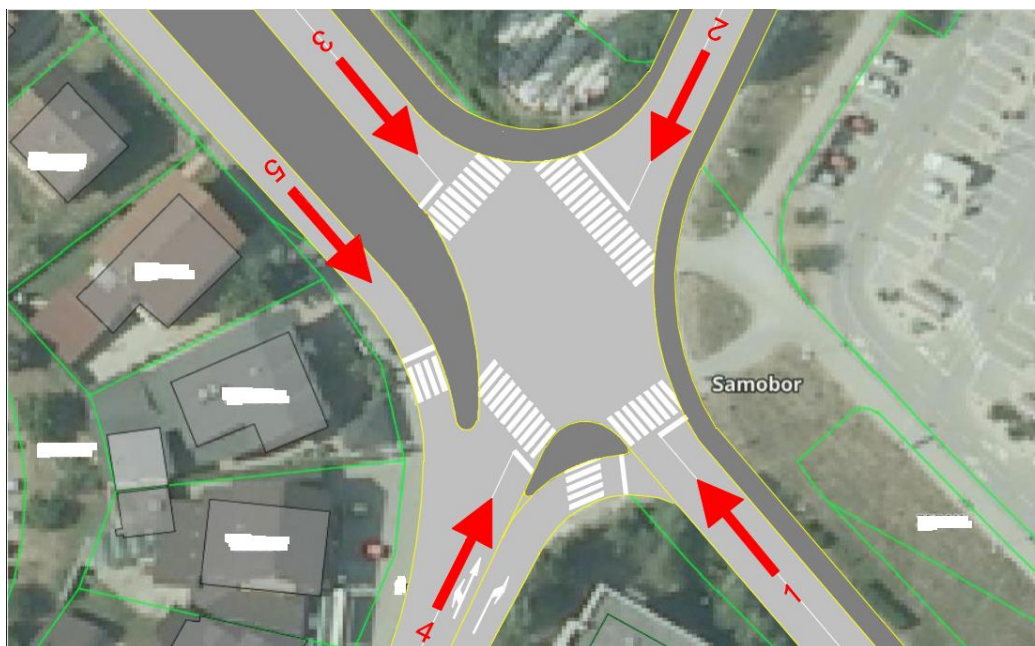
Raskrižje je četverokrako semaforizirano i nalazi se na istočnoj strani prilazne ceste koja vodi u grad Samobor. Na sjeveroistočnoj strani raskrižja nalaze se Konzum, Shopping Gallery Samobor i Plodine koji privlače velik broj vozila. Glavna cesta se proteže u smjeru sjever – jug, a sporedna u smjeru istok – zapad. Glavnom cestom se odvija najveća količina prometa. Glavnom cestom (smjer sjever - jug) prometuju autobusi javnog gradskog prometa, putnički autobusi, teška i laka teretna vozila, te osobni automobili. Zapadni privoz vodi prema centru Samobora (privoz 4). Sporedni privozi su slabijeg prometnog opterećenja i njime prometuju uglavnom osobna vozila i laka teretna vozila.



Slika 24: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV u Samoboru

7.1.1 Prometno oblikovni elementi i prometna oprema

Dobra preglednost je osigurana na privozima 1, 3 i 4, dok je na privozu 2 slaba preglednost za vozila koja dolaze sa desne strane (privoz 3) zbog visokih objekata uz kolnik. Također znak stop i semaforski uređaj nisu vidljivi vozačima koji prilaze raskrižju do samog dolaska pred zaustavnu liniju (slika 27).



Slika 25: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV u Samoboru , pregled privoza

Raskrižje je tlocrtno položeno tako da su privozi u međusobno okomitom odnosu, a cesta prije i poslije raskrižja nema nikakvih konkavnih ni konveksnih zaobljenja što poboljšava preglednost samog raskrižja.

Privozi 1, 2 i 3 se se sastoje od dvije prometne trake za dvosmjernan promet, dok se na privozu 4 desna prometna traka širi u dvije prometne trake od kojih je jedna za vozila koja idu ravno i lijevo, a druga za desne skretače. Na nijednom privozu nema prometnih traka za lijevo skretanje.

Na privozu 4 traka za desno skretanje je izvedena kao izvozni klin s priključnim zaobljenjem te s razdjelnikom kolnika (kaplja) i s trokutastim otokom.

Zbog blizine velikih atraktora putovanja, raskrižjem prolazi veći broj pješaka. Razlog tomu je blizina autobusne stanice na privozu 3 i blizina Konzuma i Plodina sa sjeveroistočne strane raskrižja, kao i restoran Dalmacija na zapadnom privozu.

Raskrižje je semaforizirano sa brojačima vremena koji odbrojavaju trajanje crvenog i zelenog signalnog pojma. Na raskrižju se nalaze znakovi za prednost prolaska na glavnim privozima, i znakovi obaveznog zaustavljanja na sporednim privozima. Također su na raskrižju postavljeni znakovi koji obavještavaju sudionike u prometu o lokaciji pješačkih prijelaza. Pješački prijelazi se nalaze na sva četiri privoza.



Slika 26: Slika privoza 1

Izvor: <https://www.google.hr/maps>



Slika 27: Slika privoza 2

Izvor: <https://www.google.hr/maps>



Slika 28: Slika privoza 3

Izvor: <https://www.google.hr/maps>

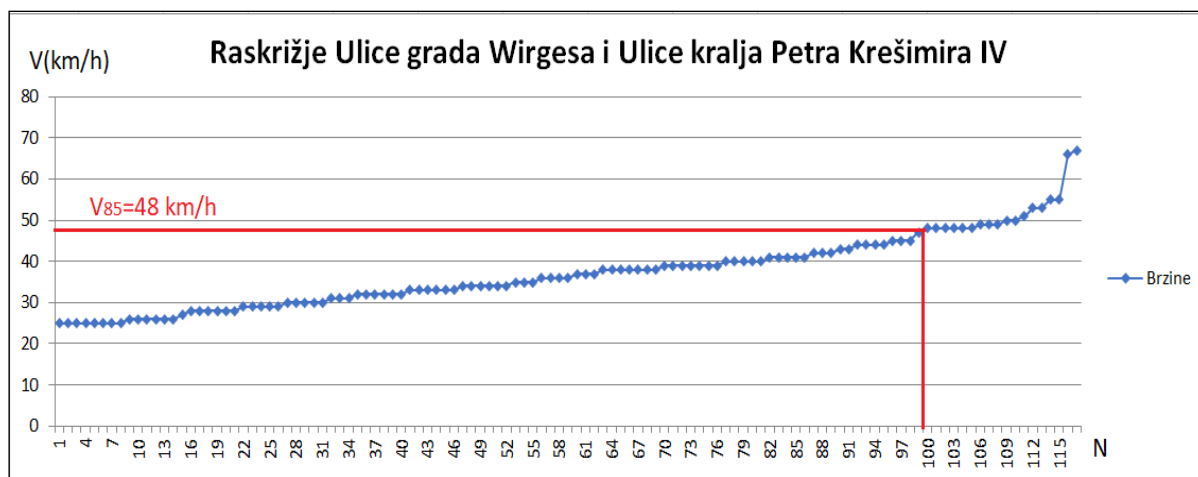


Slika 29: Slika privoza 4

Izvor: <https://www.google.hr/maps>

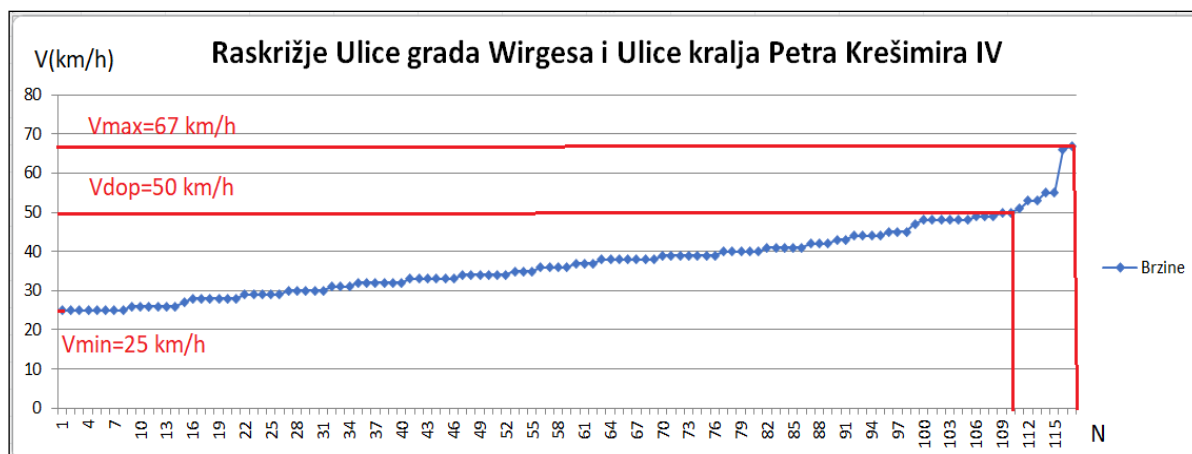
7.1.2 Mjerenje brzina vozila

Na lokaciji 1 (raskrižje sa postavljenim brojačim) izmjereno je 115 brzina vozila koja prolaze kroz raskrižje u smjeru sjever-jug (glavna cesta). Dobiveni rezultati prikazani su u grafikonima 6 i 7. Brzine su poredane od najmanje do najveće zbog analize.



Grafikon 6: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na lokaciji 1 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu

Iz grafikona 6 (lokacija 1 sa postavljenim brojačima) je vidljivo da 85 percentilna brzina (ispod te brzine se je 85% izmjerenih brzina) iznosi 48 km/h i od 115 izmjerenih brzina, 100 ih je ispod te brzine. Budući da je na raskrižju zakonom dopuštena brzina 50 km/h, svih 85% vozila se kretalo brzinom ispod te brzine.



Grafikon 7: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopustene brzine na lokaciji 1 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu

Grafikon 7 prikazuje odnos minimalne i maksimalne izmjerene brzine, te odstupanje od zakonski dopuštene brzine. Maksimalna izmjerena brzina iznosi 67 km/h što je 17 km/h iznad zakonski dopuštene brzine. Minimalna izmjerena brzina iznosi 25 km/h. Razlika između maksimalno i minimalno izmjerene brzine iznosi 42 km/h. Samo se 7 vozila (6%) kretalo iznad zakonski dopuštene brzine u periodu mjerenja. Razlika između zakonski dopuštene i maksimalno izmjerene brzine iznosi 17 km/h. Srednja brzina (median) iznosi 36 km/h, a prosječna 37,1 km/h.

7.1.3 Mjerenje protočnosti

Kroz raskrižje je u razdoblju od 07:30 do 08:30 prošlo 1504 vozila, od toga 1044 vozila sa glavnih privoza, a 460 sa sporednih privoza. Zatim je obavljeno mjerenje vremena kretanja vozila na glavnom privozu iz smjera sjevera. U tablici 12 su prikazani rezultati mjerenja u sekundama, od početka trajanja zelene faze do trenutka kada vozilo sa svojim stražnjim krajem prijeđe zaustavnu liniju (samo osobni automobili, prosječne dužine 3,5 m). Mjerila su se vremena za vozila koja su prva u repu čekanja i ona koja su peta u repu čekanja.

Tablica 12: Vremena vozila u repu čekanja od početka zelene faze do prolaska stražnjim dijelom vozila zaustavne linije

SA BROJAČIMA	
1. U REPU ČEKANJA	5. U REPU ČEKANJA
s	s
1,00	11,67
0,70	14,14
0,34	10,66
2,70	12,93
1,53	10,02
1,58	12,29
2,30	12,62
1,58	11,60
1,33	10,45
2,76	12,53

Zbog postavljenih brojača vozači su vidjeli trenutak promjene faze na semaforu i mogli su se unaprijed pripremiti za pokretanje. Zbog toga je bilo slučajeva da je vozilo prošlo zaustavnu liniju prije nego se upalilo zeleno svjetlo na semaforskom uređaju. Rezultat toga je ulazak vozila iz glavnog smjera u zaštitno međuvrijeme vozila iz sporednog privoza. Time se skraćuje vrijeme pražnjenja za vozila sa sporednih privoza.

7.2 RASKRIŽJE SVETONEDELJSKE ULICE, ULICE DOBRIŠE CESARIĆA I ULICE IVANA GUNDULIĆA BEZ POSTAVLJENIH BROJAČA NA SEMAFORSKIM UREĐAJIMA

Raskrižje je četverokrako semaforizirano i nalazi se istočno od Raskrižja grada Wirgessa i Ulice kralja Petra Krešimira IV. Glavna cesta se proteže u smjeru sjever – jug, a sporedna u smjeru istok – zapad. Glavnom cestom (smjer sjever - jug) prometuju autobusi javnog gradskog prometa, putnički autobusi, teška i laka teretna vozila, te osobni automobili. Sporedni privozi su manjeg prometnog opterećenja.

7.2.1 Prometno oblikovni elementi i prometna oprema

Preglednost raskrižja je zadovoljena sa istočnog, sjevernog i zapadnog privoza. Kao što je vidljivo iz slika 32, 33 i 34. Na južnom se privozu sa desne strane nalazi kafić i malo parkiralište za goste što može smanjiti preglednost vozilima koja idu ravno ili skreću lijevo. Privozi nisu međusobno u okomitom položaju, nego su sporedni privozi položeni pod kutom s obzirom na glavnu cestu. Također teren kojim prolazi cesta i na kojem se nalazi raskrižje je ravan i nema konkavnih ni konveksnih zaobljenja.

Na raskrižju su postavljeni znakovi prednosti prolaska (glavna cesta) i znakovi obaveznog zaustavljanja (sporedni privozi).

Pješački se prijelazi nalaze na sjevernom, istočnom i južnom privozu, dok na zapadnom privozu nema pješačkog prijelaza.

Iza raskrižja u smjeru vožnje prema istoku (istočni privoz) nalazi se autobusna stanica koja se nalazi izvan desne prometne trake kako nebi došlo do ometanja odvijanja prometa.

Sporedni privozi imaju 2 prometne trake, po jedna za svaki smjer. Na glavnom privozu postoje trake za lijevo skretanje (istočni i zapadni privoz). Traka za lijevo skretanje je duža na istočnom privozu zbog većeg broja vozila koja skreću lijevo prema gradu Samoboru.



Slika 30: Slika istočnog privoza

Izvor: <https://www.google.hr/maps>



Slika 31: Slika sjevernog privoza

Izvor: <https://www.google.hr/maps>



Slika 32: Slika zapadnog privoza

Izvor: <https://www.google.hr/maps>

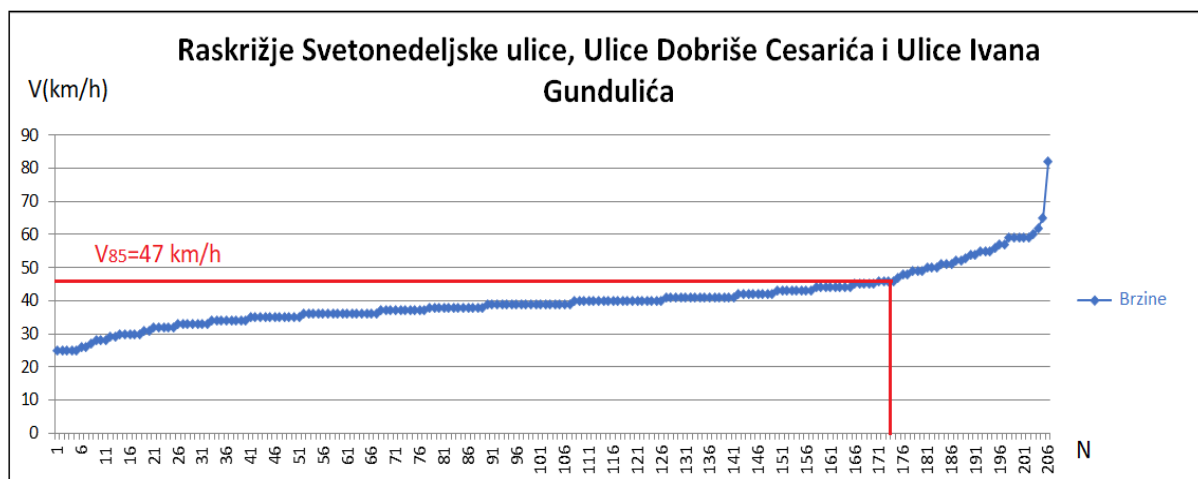


Slika 33: Slika južnog privoza

Izvor: <https://www.google.hr/maps>

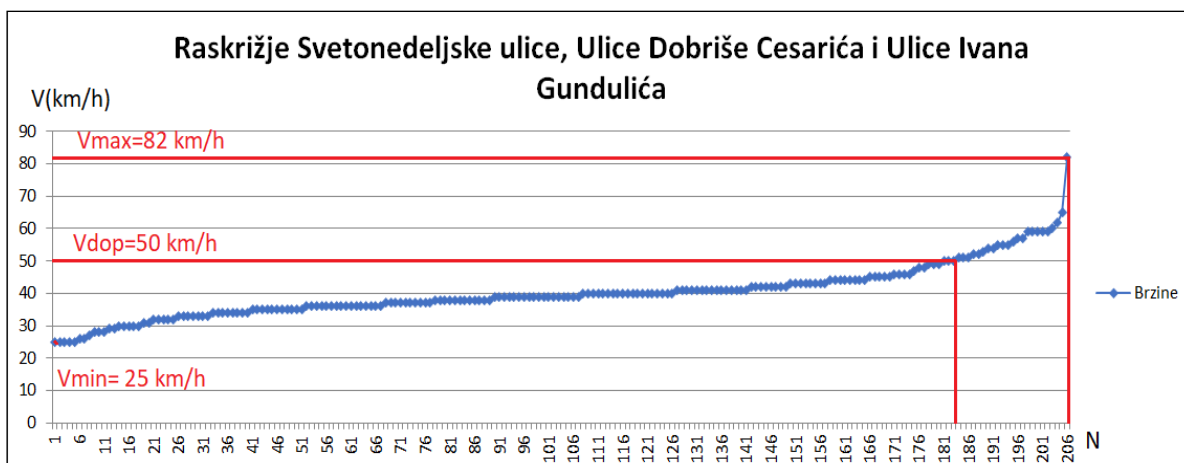
7.2.2 Mjerenje brzina vozila

Na lokaciji 2 (raskrižje bez postavljenih brojača) izmjereno je 206 brzina vozila koja prolaze kroz raskrižje u smjeru sjever-jug (glavna cesta). Dobiveni rezultati prikazani su u grafikonima 8 i 9. Brzine su poredane od najmanje do najveće zbog analize.



Grafikon 8: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na lokaciji 2 sa postavljenim brojačima vremena na semafor

Iz grafikona 8 (lokacija 2 bez postavljenih brojača) je vidljivo da 85 percentilna brzina iznosi 47 km/h i od 206 izmjerenih brzina, 175 ih je ispod te brzine. Budući da je na raskrižju zakonom dopuštena brzina 50 km/h, svih 85% vozila se kretalo brzinom ispod te brzine.



Grafikon 9: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopustene brzine na lokaciji 2 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu

Grafikon 9 prikazuje odnos minimalne i maksimalne izmjerene brzine, te odstupanje od zakonski dopuštene brzine. Maksimalna izmjerena brzina iznosi 82 km/h što je 32 km/h iznad zakonski dopuštene brzine. Minimalna izmjerena brzina iznosi 25 km/h. Razlika između maksimalno i minimalno izmjerene brzine iznosi 57 km/h. 23 vozila (11%) se kretalo iznad zakonski dopuštene brzine u periodu mjerenja. Razlika između zakonski dopuštene i maksimalno izmjerene brzine iznosi 17 km/h. Srednja brzina (median) iznosi 39 km/h, a prosječna 40,2 km/h.

7.2.3 Mjerenje protočnosti

Kroz raskrižje je u razdoblju od 08:30 do 09:30 prošlo 1524 vozila, od toga 1256 vozila sa glavnih privoza, a 268 sa sporednih privoza.

Zatim je obavljeno mjerenje vremena kretanja vozila na glavnom privozu iz smjera sjevera. U tablici 13 su prikazani rezultati mjerenja u sekundama, od početka trajanja zelene faze do trenutka kada vozilo sa svojim stražnjim krajem prijeđe zaustavnu liniju (samo osobni automobili, prosječne dužine 3,5 m). Mjerila su se vremena za vozila koja su prva u repu čekanja i ona koja su peta u repu čekanja.

Tablica 13: Vremena vozila u repu čekanja od početka zelene faze do prolaska stražnjim dijelom vozila zaustavne linije

BEZ BROJAČA	
1. U REPU ČEKANJA	5. U REPU ČEKANJA
s	s
3,41	10,92
1,92	10,97
2,24	12,58
1,92	11,47
2,18	14,07
1,72	11,54
1,19	12,33
3,22	13,44
2,44	10,55
1,39	12,70

Promatranjem ponašanja vozača na raskrižju, došlo se do zaključka da na semaforu koji nema brojače vremena, vozači više pozornosti obraćaju na semaforski uređaj kako nebi zakasnili sa reakcijom kada dođe do promjene faza. Međutim unatoč tome najkraće vrijeme od trenutka paljenja zelenog svjetla do prolaska stražnjim krajem vozila zaustavnu liniju, iznosilo je 1,19 sekundi. Najviše vozila je krenulo u rasponu od 1,9 do 2,2 sekunde. To znači da vozila sa glavnog privoza nisu ulazila u zaštitno međuvrijeme vozila iz sporednog privoza i time je zadovoljen jedan od sigurnosnih aspekata raskrižja. Istraživanje utjecaja preostalog vremena na semaforskim uređajima obavljeno je prema ograničenim vremenskim i ambijentalnim uvjetima zbog čega je za kvalitativnije rezultate potrebno obaviti dodatna mjerenja. Važno je naglasiti da je ovo početo istraživanje samo početni korak za daljnja opsežnija i detaljnija istraživanja.

7.3 KOMPARATIVNA ANALIZA DVAJU RASKRIŽJA

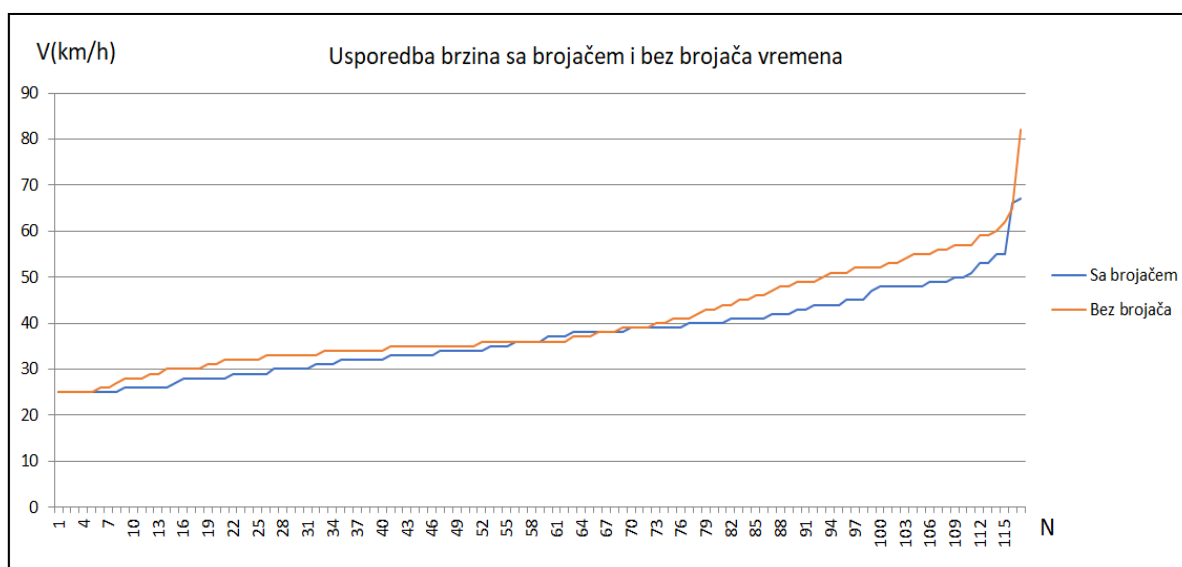
Iz tablice 14, je vidljivo da su na raskrižju bez postavljenih brojača, vrijednosti minimalne, 85 percentilne, srednje i prosječne brzine približno jednake, dok dolazi do odstupanja kod maksimalnih izmjerenih brzina. Razlike između maksimalne brzine i ostalih brzina su mnogo veće na raskrižju bez postavljenih brojača vremena. Također veći je postotak vozača vozio iznad ograničenja brzine na raskrižju bez postavljenih brojača.

Tablica 14: Usporedba izmjerenih brzina na lokaciji bez brojača i lokaciji sa brojačima

	SA BROJAČIMA	BEZ BROJAČA
Vdop (km/h)	50	50
Vmin (km/h)	25	25
V85 (km/h)	48	47
Vmax (km/h)	67	82
Vmax - Vdop (km/h)	17	32
Vmax - Vmin (km/h)	42	57
Vmedian (km/h)	36	39
Vprosječna (km/h)	37	40
% vozila iznad ograničenja	6%	11%

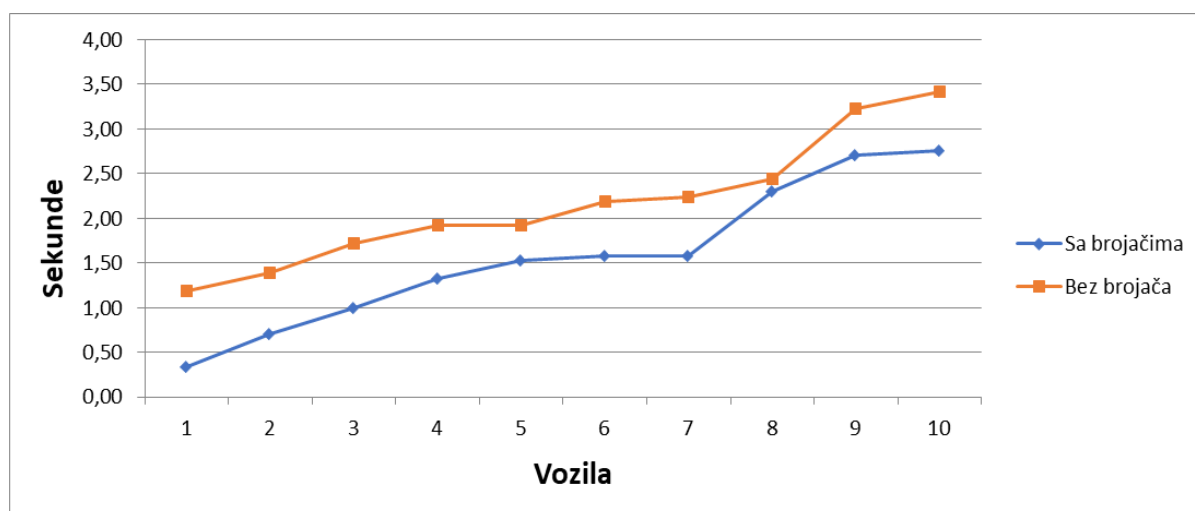
Grafikon 10 prikazuje usporedbu brzina na lokaciji sa i lokaciji bez brojača vremena na semaforским uređajima. Iz grafikona je vidljivo da su brzine prilikom kretanja vozila nakon paljenja zelene signalne grupe (brzine prilikom kretanja vozila) malo veće na raskrižju bez postavljenih brojača. Zatim, brzine kojima se vozila kreću kroz raskrižje dok traje zelena faza su otprilike iste na lokaciji sa brojačima i bez brojača vremena. Slijedi razdoblje žute faze i paljenja crvene faze. U tom su razdoblju brzine vozila na lokaciji bez brojača nešto veće od brzina vozila na lokaciji sa postavljenim brojačima. Ti su rezultati slični onima dobivenima u Poljskoj. Razlog tomu može biti više faktora. Kada vozač zna kada će se upaliti zeleno svjetlo na semaforu, može se unaprijed pripremiti i lagano pokrenuti vozilo dok na raskrižjima gdje nema postavljenih brojača vremena, dolazi do naglih kretanja kada se upali crveno-žuta faza. Razlozi tomu mogu biti u psihološkoj prirodi čovjeka. Vozač zbog ostalih vozila iza sebe nastoji što prije krenuti (može biti potaknut nekim strahom od nervoznih vozača u redu kako ne bi zakasnio u reakciji). Drugi razlog može biti što ima percepciju dugog čekanja pa zbog nervoze, prilikom promjene faze, vozač naglo pokreće vozilo.

Što se tiče brzina kod isteka zelene faze, također se može protumačiti da do većih brzina kod semafora bez postavljenih brojača dolazi zbog straha da u blizini raskrižja ne dođe do promjene faze. Naime kada se vozač nalazi u blizini raskrižja, a ne zna koliko mu je još vremena ostalo, može doći do ubrzavanja vozila kako ne bi morao stati na crveno. U slučajevima postavljenih brojača vremena, vozač može procijeniti hoće li stići proći kroz raskrižje pa u tom slučaju ne ubrzava vozilo jer vidi da će i sa trenutnom brzinom moći proći kroz raskrižje.



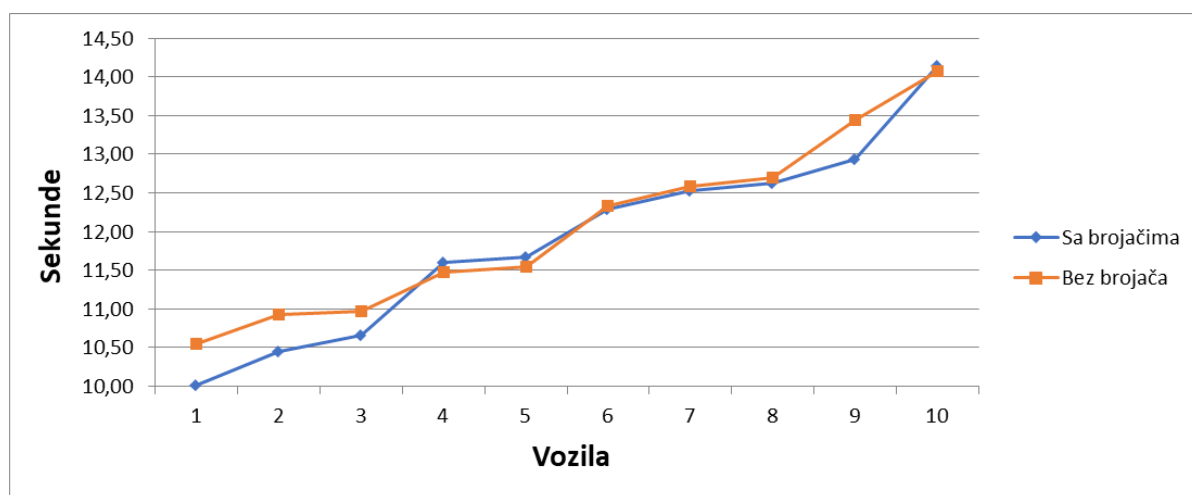
Grafikon 10: Usporedba izmjerenih brzina na lokaciji 1 i 2

U grafikonu 11 prikazana je usporedba vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su prva u repu čekanja. Iz grafikona se može zaključiti da su ta vremena kraća na onom raskrižju na kojem su postavljeni brojači vremena na semaforskim uređajima. Razlog tomu je bolja priprema vozača na promjenu faze. Neka su vozila krenula ranije sa zaustavne linije, na početku crveno-žutog signalnog pojma kada još uvijek nije dopušteno kretanje vozila.



Grafikon 11: Usporedba vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su prva u repu čekanja

Grafikon 12 prikazuje usporedbu vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su peta u repu čekanja. Za analizu se uzelo peto vozilo da bi se mogla napraviti analiza utjecaja brojača vremena na semaforskom uređaju na veći broj vozila u repu, a ne samo na prvo. Pretpostavka je da bi se svi vozači koji mogu vizualno vidjeti brojač vremena, mogli na vrijeme pripremiti na polazak, pa bi se u trenutku promjene faze stvorili uvjeti da sva vozila u isto vrijeme krenu iz stanja mirovanja. Time bi se smanjili gubici kod kretanja vozila sa raskrižja i povećala protočnost. Međutim ovdje to nije bio slučaj jer su vremena vozila koja su peta u repu čekanja približno jednaka na oba raskrižja. Zbog toga bi se moglo zaključiti da nisu svi vozači na vrijeme pratili promjenu faze. Razlog tome može biti taj da su vozači navikli na brojače pa ih više ne percipiraju, osim onih vozača koji stoje prvi i eventualno drugi u repu čekanja. Ostali čekaju da se pokrene vozilo ispred njih da bi zatim oni krenuli što opet stvara određene vremenske gubitke.



Grafikon 12: Usporedba vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su peta u repu čekanja

8 ZAKLJUČAK

Nakon obavljene analize i usporedbe sa nekim dosadašnjim studijama povezanim uz brojače vremena na semaforским uređajima, moguće je zaključiti da takav način organiziranja prometnih tokova odnosno informiranja vozača o preostalom vremenu pojedine faze u pojedinim uvjetima ima pozitivan, a u pojedinim uvjetima negativan učinak. Obavljenim analizama znanstvene i stručne literature, potvrđeno je da su na raskrižjima na kojima postoje brojači vremena brzine vozila bile manje nego na raskrižjima bez brojača vremena. To je dovelo do povećanja sigurnosti, a sigurnost je na prvom mjestu kada je u pitanju cestovni, ali i promet općenito. Međutim istraživanjima je dokazano da je na raskrižjima gdje su postavljeni brojači povećan broj vozila koja ulaze u raskrižje prije pojave zelenog svjetla što smanjuje zaštitno međuvrijeme između dva konfliktna prometna toka. To dovodi do smanjenja sigurnosti prometa. Slična je situacija i sa pješacima. Dokazano je da na mjestima gdje su postavljeni brojači, pješaci neće krenuti prelaziti kolnik kod isteka zelene pješačke faze, što dovodi povećanju sigurnosti, no dolazi do povećanog broja pješaka koji prelaze kolnik u zadnjim sekundama crvene pješačke faze što sa druge strane smanjuje sigurnost i povećava rizik od naleta vozila na pješake.

Jednako tako nakon istraživanja koje je obavljeno u sklopu izrade ovog diplomskog rada, moguće je zaključiti da brojači na raskrižju nisu doprinijeli povećanju protočnosti na raskrižju u gradu Samoboru. Iako u pojedinim slučajevima prilikom analize znanstvene literature se navodi analitički ali ne i znanstveno dokazano da je povećana propusna moć raskrižja postignuta uvođenjem brojača vremena na semaforским raskrižjima³⁸

Povećanje protočnosti ne ovisi samo o postavljanju brojača, već i o mnogim drugim čimbenicima a koji su navedeni u ovom radu. Problem brojača preostalog vremena na semaforским uređajima je i taj što se oni ne mogu postavljati na raskrižjima koja su kontrolirana prometnim svjetlima ovisno o prometu. Takvih raskrižja će sa razvojem ITS-a u budućnosti biti mnogo više, pogotovo u urbanim sredinama. Razvojem tehnologije i umjetne inteligencije, budućnost prometnog sustava nalazi se u "pametnim" automobilima koji

³⁸ Wenbo, S., Zhaocheng, H., Xi, X., & Feifei, X. (2013). Exploring Impacts of Countdown Timers on Queue Discharge Characteristics of Through Movement at Signalized Intersections. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 255-264.

komuniciraju sa okolinom. Daljnjim razvojem takvih vozila i sigurnosnih sustava, vozač kao individua neće morati razmišljati o pripremi za kretanje na raskrižju ili o trenutku kada početi kočiti, jer će centralno računalo to unaprijed izračunati umjesto njega. Vozila će na raskrižjima kretati istovremeno sa početkom trajanja zelene faze kao nekakva vrsta cestovnog vlaka (ako će u budućnosti semafori biti potrebni).

Nadalje, utjecaj primjene brojača na semaforskim uređajima u ovisnosti je od navika, mentaliteta, podneblja, stupanj razvijenosti područja, prometno oblikovni elementi raskrižja, dobi i spolu vozača te ostalim čimbenicima koji određuju sigurnost cestovnog prometa. Zbog navedenog nije moguće unaprijed opravdati tezu da će postavljanje brojača na određenoj lokaciji pridonijeti većoj sigurnosti. Stoga prije svakog postavljanja brojača na raskrižju potrebno je obaviti detaljnu analizu kako bi se osim sigurnosnih elemenata mogla i opravdati financijska isplativost njihovog postavljanja.

Jednako tako takvi brojači nisu regulirani zakonskim propisima, pa tu može doći do velikih pravnih nesuglasica u slučaju prometnih nesreće. Uz navedeno potrebno je mijenjati signalne planove kako bi se uskladila zaštitna međuvremena sa novonastalim uvjetima.

Međutim puno veća učinkovitost zabilježena je kod uvođenja takvih brojača prometa za pješake. Stoga se predlaže da se brojači na pojedinim mjestima postave isključivo za pješake, dok se za vozačke signalne grupe postave brojači na mjestima gdje prilazne brzine nisu veće od 50 km/h.

Zaključno, prema obavljenoj analizi istraživanja brojača preostalog vremena na semaforskim uređajima kao prvog odnosno početnog istraživanja obavljenog u Republici Hrvatskoj, predlaže se daljnje istraživanje njihove učinkovitosti u osiguranju sigurnosti i protočnosti prometa. Temeljna osnova istraživanja postavljena je u ovom diplomskom radu, a razradu detalja autor kao i suradnici uključeni u izradu diplomskog rada obaviti će u nastavku istraživanja.

LITERATURA

1. Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
2. Hozjan, D., Novačko, L.: Cestovne prometnice II, interna skripta za izradu seminarskog rada, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
3. Highway Capacity Manual HCM2010, National Research Council, Washington, 2010.
4. Gordon, R.L., Reiss, R.A., Haenel, H., Case, E.R., French, R.L., Mohaddes, A., Wolcott, R.: Traffic Control Systems Handbook, Final Report, FHWA.1996.
5. Pašagić, S.: Vizualne informacije u prometu, FPZ, Zagreb, 2004.
6. Lanović, Z.; Naputak za izračuna zaštitinih međuvremena na semaforiziranom raskrižju, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
7. Lanović, Z.; Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
8. Jelušić, N., Anžek, M., Ivanković, B.: Information Source Quality in Intelligent Transport Systems., Promet - Traffic & Transportation, Vol. 22. br. 2, Zagreb, 2010, p. 125-131.
9. Županović, D., Anžek, M., Kos, G.: Optimisation of Signal-Controlled Intersection Capacity, Promet - Traffic & Transportation, Vol. 22. br 6; Zagreb, 2010, p. 419-431.
10. Marsetić, R., Šemrov, D., Žura, M.: Road Artery Traffic Light Optimization with Use of the Reinforcement Learning Promet - Traffic & Transportation., Vol. 26, br. 2 , Zagreb, 2014.
11. Loggins, J.W. "New Traffic Signal Concepts." National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Vol. 124 -3, New York, 1993, p. 62-96.
12. Perše, S., Vrhovski, D., Bukljaš, Z.: The Application of Detectors in Determining the Safety Intervals at Intersections with Traffic Lights PROMET-Traffic&Transportation, *Scientific Journal on Transportation Research*, Vol 10, No 1-2, Zagreb, 1998., p. 67-74.
13. Rotim, F.: Kriteiji za ocjenu stanja sigurnosti cestovnog prometa, Suvremeni promet, 15, 6, Zagreb 1995.
14. Anžek, M.: Treptanje zelenog-nepotreban pojam u cestovnoj svjetlosnoj signalizaciji, Suvremeni promet, 17,-2, Zagreb 1997.
15. Anžek, M.: Proračun zaštitnih međuvremena na semaforiziranim raskrižjima, Elektrotehnika, Zagreb, 1975.
16. Gilic, B.: Primjena elektromagnetskih detektora u regulaciji prometa svjetlosnim signalima kroz hijerarhijske razineupravljanja, Ceste i mostovi, 37- 2, Zagreb 1991.
17. Anžek, M.: Informacijski model raspodijeljenog sustava upravljanja cestovnog prometa, doktorski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1997.

18. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN33/2005, Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka.
19. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2010 za medije, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2011.
20. Izvješće o stanju sigurnosti na području Policijske uprave zagrebačke u 2011, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2012.
21. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu PU zagrebačke u 2012. godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Siječanj 2013.
22. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2013 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Veljača 2014.
23. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2014, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015.
24. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2015, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2016.
25. Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2016, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2017.
26. Preliminary impact analysis of countdown signal timer installations at two intersections in Greece, 2014 International Symposium on Safety Science and Technology, Procedia Engineering 84, Greece, 2014, p. 634 – 647.
27. Proceedings of the 13th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory & Practice 2016" held at Katowice, Poland 19-21 of September 2016.
28. Wenbo, S., Zhaocheng, H., Xi, X., & Feifei, X. (2013). Exploring Impacts of Countdown Timers on Queue Discharge Characteristics of Through Movement at Signalized Intersections. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 255-264.

INTERNETSKI IZVORI

1. <http://zagrebacka.policija.hr>
2. <http://www.pismorad.hr>
3. <https://www.google.hr/maps>
4. <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/prometna-oprema/>
5. <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/dopunske-ploce/>
6. <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-obavijesti/>
7. <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-izricitih-naredbi/>
8. <http://www.pismorad.hr/katalog-znakova/znakovi-opasnosti/>
9. <http://al-terity.blogspot.hr/2015/08/on-signal-countdown-timers.html>

POPIS SLIKA

Slika 1: Tlocrti i visinski elementi pri vođenju linije	5
Slika 2: Izgled raskrižja s planom izohipsa i slivnika	6
Slika 3: Kraći izvozni klin.....	8
Slika 4: Srednji izvozni klin	9
Slika 5: Dulji dodatni trak (za veći promet u odvajanju)	9
Slika 6: Osnovni oblici zaobljavanja uglova.....	10
Slika 7: Četverokrako semaforizirano raskrižje sa svim prometno – oblikovnim i sigurnosnim elementima	14
Slika 8: Znakovi opasnosti	19
Slika 9: Znakovi izričitih naredbi.....	19
Slika 10: Znakovi obavijesti.....	20
Slika 11: Znakovi obavijesti za vođenje prometa.....	21
Slika 12: Dopunske ploče.....	21
Slika 13: Prikaz ciklusa i rasporeda faza na semaforiziranom raskrižju	41
Slika 14: Prikaz zaštitnog međuvremena u ciklusu	43
Slika 15: Prikaz mjera u raskrižju potrebnih za izračun zaštitnih međuvremena.....	43
Slika 16: Matrica zaštitnih međuvremena	50
Slika 17: Brojač vremena na semaforskom uređaju u Jakarti	52
Slika 18: Lokacije dvaju promatranih raskrižja.....	57
Slika 19: TruCAM Laser Speed Gun kojim su obavljena mjerenja brzina	58
Slika 20: Pogled sa lokacije 1 na promatrano raskrižje.....	59
Slika 21: Snimanje brzina na lokaciji 1	59
Slika 22: Pogled sa lokacije 2 na promatrano raskrižje	60
Slika 23: Snimanje brzina na lokaciji 2	60
Slika 24: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV u Samoboru	62
Slika 25: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV u Samoboru , pregled privoza.....	63
Slika 26: Slika privoza 1	64
Slika 27: Slika privoza 2	64
Slika 28: Slika privoza 3	65
Slika 29: Slika privoza 4	65
Slika 32: Slika istočnog privoza	70
Slika 33: Slika sjevernog privoza	70
Slika 34: Slika zapadnog privoza	71
Slika 35: Slika južnog privoza.....	71

POPIS TABLICA

Tablica 1: Odnos prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine.....	29
Tablica 2: Omjer broja registriranih vozila i prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke od 2010. do 2016. godine	29
Tablica 3: Prometne nesreće na području PU Zagrebačke i PP Samobor u 2010. godini	30
Tablica 4: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2011. godini.....	31
Tablica 5: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2012. godini.....	32
Tablica 6: Prometne nesreće na području Policijske uprave Zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2013. godini.....	33
Tablica 7: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2014. godini.....	34
Tablica 8: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2015. godini.....	35
Tablica 9: Prometne nesreće na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor u 2016. godini.....	36
Tablica 10: Odnos ozlijeđenih u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine.....	37
Tablica 11: Odnos poginulih u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i policijske postaje Samobor od 2010. do 2016. godine.....	37
Tablica 12: Vremena vozila u repu čekanja od početka zelene faze do prolaska stražnjim dijelom vozila zaustavne linije	68
Tablica 13: Vremena vozila u repu čekanja od početka zelene faze do prolaska stražnjim dijelom vozila zaustavne linije	74
Tablica 14: Usporedba izmjerenih brzina na lokaciji bez brojača i lokaciji sa brojačima	75

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Odnos prometnih nesreća i njihovih posljedica od 2010. – 2016. godine na području Policijske uprave zagrebačke	38
Grafikon 2: Odnos prometnih nesreća i njihovih posljedica od 2010. – 2016. godine na području policijske postaje Samobor.....	38
Grafikon 3: Broj pješaka koji prelaze kolnik kada je upaljen crveni signalni pojam.....	55
Grafikon 4: Broj vozača koji prođu kroz raskrižje dok je upaljen žuti signalni pojam.....	56
Grafikon 5: Broj vozila koji prođu kroz raskrižje dok je upaljen crveni signalni pojam	56
Grafikon 6: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na lokaciji 1 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu	66
Grafikon 7: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopustene brzine na lokaciji 1 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu.....	67
Grafikon 8: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na lokaciji 2 sa postavljenim brojačima vremena na semafor	72
Grafikon 9: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopustene brzine na lokaciji 2 sa postavljenim brojačima vremena na semaforu.....	73
Grafikon 10: Usporedba izmjerenih brzina na lokaciji 1 i 2	76
Grafikon 11: Usporedba vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su prva u repu čekanja.....	77
Grafikon 12: Usporedba vremena od početka zelene faze do prolaska zaustavne linije za vozila koja su peta u repu čekanja	78



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA NA SEMAFORIZIRANIM
RASKRIŽJIMA U FUNKCIJI PROTOČNOSTI I SIGURNOSTI PROMETA**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 14.9.2017

Student/ica:

(potpis)